TUGAS AKHIR

KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :

ANNISA TURROHMAH — **30201700022**

CHANDRA KARTIKA M. — **30201700050**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2021

USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR

KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

Yang diajukan oleh :

ANNISA TURROHMAH — **30201700022**

CHANDRA KARTIKA M. — **30201700050**

Telah disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D. Tanggal: 29/7 2021

Pembimbing Pendamping

Ari Sentani, ST., M.Sc Tanggal: .....

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
(UNISSULA)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

Oleh:



ANNISA TURROHMAH
30201700022



CHANDRA KARTIKA M.
30201700050

Telah disetujui dan disahkan di:
Semarang, 29 Juli 2021

Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.	.....
2. Ari Sentani, ST., M.Sc	.....
3. Ir. Gata Dian Asfari, MT	.....

Universitas Islam Sultan Agung
Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Ketua,

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
(UNISSULA)
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 12 / A.2 / SA – T / III / 2021

Pada hari ini tanggal 21 Juli 2021 berdasarkan surat keputusan rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan dosen pembimbing dan asisten dosen pembimbing :

1. Nama : Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.
   Jabatan Akademik : Lektor
   Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Ari Sentani, ST., M.Sc
   Jabatan Akademik : Asisten Ahli
   Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi:

Nama : ANNISA TURROHMAH
NIM : 30201700022

Nama : CHANDRA KARTIKA M.
NIM : 30201700050

Judul : KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

Dengan tahapan sebagai berikut:

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	15 Januari 2021	
2	Proposal	30 Maret 2021	ACC
3	Pengumpulan data	Maret 2021 – April 2021	
4	Analisis data	April 2021 – Juli 2021	
5	Penyusunan laporan	April 2021 – Juli 2021	
6	Selesai laporan	29 Juli 2021	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Pembimbing I

Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.

Pembimbing II

Ari Sentani, ST., M.Sc

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini:

NAMA : ANNISA TURROHMAH

NIM : 30201700022

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 29 / Juli / 2021

Yang membuat pernyataan,

ANNISA TURROHMAH

NIM: 30201700022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan dibawah ini:

NAMA : ANNISA TURROHMAH

NIM : 30201700022

JUDUL SKRIPSI : KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 29 / Juli / 2021

Yang membuat pernyataan,



ANNISA TURROHMAH

NIM: 30201700022

MOTTO

1. Sama seperti tetesan air hujan yang jatuh sedikit demi sedikit, namun bila dikumpulkan dapat mengisi tampungan bendungan dan bermanfaat bagi banyak aspek kehidupan. Kita hanya perlu berusaha sekecil apapun itu, bila diniatkan dengan ikhlas, dilaksanakan dengan sungguh-sungguh dan semata-mata mengharap ridho Allah SWT maka hasilnya juga akan memberikan manfaat yang luar biasa.
2. Allah berfirman dalam Al-Quran Surah Al-Ankabut ayat 6:

   وَمَنْ جَاهَدَ فَاِنَّمَا يُجَاهِدُ لِنَفْسِهٖۗ اِنَّ اللّٰهَ لَغَنِيٌّ عَنِ الْعٰلَمِيْنَ ﴿٦﴾

   Artinya "Barang siapa yang bersungguh sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri".
3. Sebuah Hadits berbunyi:

   خَيْرُالناسَ أَنفَعُهُم لِلنَّاس

   Artinya: “Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain.” (Hadits Riwayat ath-Thabrani, Al-Mu’jam al-Ausath, juz VII, hal. 58, dari Jabir bin Abdullah r.a. Dishahihkan Muhammad Nashiruddin al-Albani dalam kitab: As-Silsilah Ash-Shahîhah).
4. Orang-orang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak (Aldus Huxley).
5. “*Strive not be a success, but rather to be of value*.” (Albert Einstein).
6. “*If you cannot do great things, do small things in great way*.” (Napoleon Hill).

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Orang tua yang telah membesarkan, memberi fasilitas, dan doa hingga saat ini.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Ir. Gata Dian Asfari, MT. selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang Sekaligus Dosen Pembanding.
5. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Bapak Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
8. Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
9. Teman satu tim dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir, dan teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2017 atas segala bantuannya serta doanya.
10. Rekan-rekan Teknik Sipil UNISSULA 2017, yang telah memberi dukungan.
11. Dan semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penyusun, baik secara moril maupun materiil dalam pelaksanaan penyusunan laporan ini.

Semarang, 29 Juli 2021

ANNISA TURROHMAH
NIM: 30201700022

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*) BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA" guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang terlah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
2. Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dorongan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc selaku dosen Pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Ketua Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana atas bimbingan yang sangat bermanfaat selama masa pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
6. Kakak angkatan, yang telah memberikan referensi dan memberi pengetahuan mengenai Laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhihr ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, 29 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI v
PERNYATAAN KEASLIAN vi
MOTTO vii
PERSEMBAHAN viii
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xix
ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN xxii
DAFTAR LAMPIRAN xxix
ABSTRAK xxx
ABSTRACT xxxi

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 4
1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Bendungan 7
2.2 Bengunan Pelimpah (*Spillway*) 10
2.3 Analisis Hidrologi 11
2.3.1 Metode Perhitungan Curah Hujan Wilayah 11
2.3.2 Analisis Distribusi Frekuensi 13
2.3.3 Pengukuran Curah Hujan Rencana 26
2.3.4 Intensitas Curah Hujan 27
2.3.5 Debit Banjir Rencana 27
2.3.6 Pemilihan Kala Ulang Banjir Rencana 29
2.3.7 Analisa *Probable Maksimum Precipitation* (PMP) 30
2.3.8 Analisa *Base Flow* 37
2.3.9 Analisa Kapasitas Tampungan Bendungan 37

2.3.10 Koefisien Pengairan 38
2.3.11 Analisis Penelusuran Banjir (*Flood Routing*) 39
2.4 Uji Kelayakan Data Curah Hujan 41
2.4.1 *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) 41
2.4.2 Ambang Batas *Outlier* 42
2.5 Analisis Hidrolika 44
2.5.1 Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah 44
2.5.2 Kapasitas Pengaliran Melalui Pelimpah 45
2.5.3 Analisa Perhitungan Lebar *Spillway* 45
2.5.4 Panjang Efektif Bendung 47
2.5.5 Penentuan Tipe Pelimpah 48
2.5.6 Saluran Transisi 49
2.5.7 Saluran Peluncur 49
2.5.8 Bangunan Peredam Energi Bangunan Pelimpah 50
2.6 Analisis Stabilitas *Spillway* 52
2.6.1 Koefisien Gempa 52
2.6.2 Faktor Keamanan (*Safety Factor*) 53
2.7 Kondisi Wilayah Bendungan Randugunting 53

BAB III METODE PENELITIAN 56

3.1 Pendahuluan 56
3.2 Lokasi Penelitian 56
3.3 Alat dan Bahan 61
3.3.1 Alat 61
3.3.2 Bahan 61
3.4 Diagram Alur Penelitian 62
3.5 Pengumpulan Data 65
3.6 Analisa Data 66
3.6.1 Analisa Hidrologi 66
3.6.2 Analisa Geologi 67
3.6.3 Data Hidrolika 68
3.6.4 Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah (*Spillway*) 69
3.7 Permasalahan yang Timbul dalam Penelitian 69

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 70

4.1 Analisa Data Hidrologi 70
4.1.1 Analisa Data Curah Hujan 70
4.1.2 Kelayakan Data Curah Hujan 80
4.1.3 Analisa Wilayah Persebaran Curah Hujan 95
4.1.4 Analisa Peresebaran (Distribusi) Curah Hujan 100
4.2 Analisa Perhitungan Metode Distribusi Hujan Rancangan 103
4.2.1 Metode Distribusi Gumbel 103
4.2.2 Metode Distribusi Normal 108
4.2.3 Metode Distribusi Log Normal 112
4.2.4 Metode Distribusi *Log Pearson Type III* 116
4.2.5 Kesimpulan 122

4.3 Uji Kesesuain Distribusi 123
4.3.1 Uji *Smirnov Kolmogorof* (Normalitas Sebaran Data) 123
4.3.2 Uji *Chin Square* 142
4.3.3 Kesimpulan Analisa Frekuensi 168
4.4 Analisa *Probable Maksimum Precipitation* (PMP) 169
4.4.1 Analisa Nilai *Probable Maksimum Precipitation* (PMP) .. 169
4.4.2 Analisa Nilai *Variable Statistic* (Km) 172
4.4.3 Analisa Nilai Faktor Penyesuaian Xn (f_1) 174
4.4.4 Analisa Faktor Penyesuaian Standar Deviasi (Sn) (f_2) 175
4.4.5 Analisa Faktor Reduksi (F) 176
4.4.6 Analisa Nilai Faktor Penyesuaian Panjang Data 178
4.4.7 Analisa Luasan Terkoreksi (Xn) 179
4.4.8 Analisa Standar Deviasi Terkoreksi (Sn) 179
4.4.9 Analisa Nilai PMP 179
4.5 Koefisien Pengairan 180
4.6 Analisa *Base Flow* 183
4.6.1 Karakteristik DAS Randugunting 183
4.6.2 Kerapatan Jaringan Kuras (D) 184
4.6.3 *Base Flow* (QB) 184
4.7 Analisa Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan 185
4.7.1 Perhitungan Distribusi Curah Hujan Jam-jaman 185
4.7.2 Analisa Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan 194
4.7.3 Kesimpulan Analisa Hidrograf Satuan Sintetik 252
4.8 Analisa Kapasitas Tampungan Bendungan 253
4.9 Analisa Penelusuran Banjir 258
4.9.1 Analisa Volume Tampungan 258
4.9.2 Analisa Koefisien Limpasan Debit 260
4.9.3 Analisa Perhitungan Lebar *Spillway* 264
4.9.4 Kesimpulan Analisa Limpasan 274
4.10 Analisa Teknis Bangunan Pelimpah 290
4.10.1 Mercu Bangunan Pelimpah 290
4.10.2 Perencanaan Saluran Samping 296
4.10.3 Saluran Transisi 310
4.10.4 Saluran Peluncur Bangunan Pelimpah 315
4.10.5 Bangunan Peredam Energi Bangunan Pelimpah 320
4.10.6 Tinggi Jagaan Bangunan Pelimpah 325
4.11 Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah 327
4.11.1 Ambang Pelimpah 327
4.11.2 Dinding Penahan Saluran Samping 360
4.11.3 Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A 388
4.11.4 Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C 409
4.11.5 Rekapitulasi Stabilitas Bangunan Pelimpah 430

BAB V PENUTUP 436

5.1 Kesimpulan 436
5.1.1 Analisa Hidrologi 436
5.1.2 Analisa Tampungan Waduk 436

5.1.3 Analisa Teknis Bangunan Pelimpah 437
5.2 Saran 438

DAFTAR PUSTAKA 440
LAMPIRAN 443

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat-syarat Pemilihan Jenis Distribus 15
Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi *Gauss* 16
Tabel 2.3 Standar Variabel Kt 17
Tabel 2.4 Koefisien Variasi Metode Sebaran Log Normal 18
Tabel 2.5 *Reduced Variable* (Y_t) 19
Tabel 2.6 *Reduced Mean* (Y_n) dan *Reduced Standard Deviasi* (S_n) 20
Tabel 2.7 Nilai K untuk Metode Distribusi *Log Pearson Type III* 22
Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi-Kuadrat* 24
Tabel 2.9 Nilai Kritis D_0 untuk Uji *Sminov-Kolmogorov* 26
Tabel 2.10 Faktor Reduksi Luas 34
Tabel 2.11 Koefisien Pengaliran 38
Tabel 2.12 Nilai Q dan R 42
Tabel 2.13 Nilai Kn berdasarkan n 44
Tabel 2.14 Nilai K dan n 48
Tabel 3.1 Letak Stasiun Hujan DAS Randugunting 58
Tabel 3.2 Alat 61
Tabel 3.3 Bahan 61
Tabel 4.1 Data Stasiun Curah Hujan DAS Randugunting 70
Tabel 4.2 Ketersediaan Data Curah Hujan Tahunan Harian Maksimum 71
Tabel 4.3 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sumber 72
Tabel 4.4 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Todanan 73
Tabel 4.5 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Tunjungan 74
Tabel 4.6 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Lawungan 75
Tabel 4.7 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Sumber 76
Tabel 4.8 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Todanan 77
Tabel 4.9 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Tunjungan 78
Tabel 4.10 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Lawungan 79
Tabel 4.11 Uji RAPS Stasiun Sumber 83
Tabel 4.12 Uji RAPS Stasiun Todanan 83
Tabel 4.13 Uji RAPS Stasiun Tunjungan 84
Tabel 4.14 Uji RAPS Stasiun Lawungan 84
Tabel 4.15 Nilai Q dan R 86
Tabel 4.16 Kesimpulan Uji *Rescaled Adjusted Partial Sums* 87
Tabel 4.17 Uji *Outlier* Stasiun Sumber 90
Tabel 4.18 Uji *Outlier* Stasiun Todanan 90
Tabel 4.19 Uji *Outlier* Stasiun Tunjungan 91
Tabel 4.20 Uji *Outlier* Stasiun Lawungan 91
Tabel 4.21 Nilai Kn berdasarkan n 92
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Uji *Outlier* 93
Tabel 4.23 Kesimpulan Hasil Pengujian *Outlier* 94
Tabel 4.24 Letak Stasiun Hujan DAS Randugunting 96
Tabel 4.25 Luasan Area Cakupan Stasiun Curah Hujan 99
Tabel 4.26 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan 100
Tabel 4.27 Curah Hujan Maksimum Area DAS Metode *Polygon Thiessen* .. 101
Tabel 4.28 Tabel Harga *Reduced Mean* (Yn) 103

Tabel 4.29 Tabel Harga *Reduced Deviation* (Sn) 104
Tabel 4.30 Analisa Distribusi Metode *Gumbel* 107
Tabel 4.31 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode *Gumbel* 107
Tabel 4.32 Variabel Reduksi Gauss (kt) 110
Tabel 4.33 Analisa Distribusi Metode Normal 111
Tabel 4.34 Curah Hujan Rencana Metode Normal 111
Tabel 4.35 Curah Hujan Rencana Metode Log Normal 114
Tabel 4.36 Analisa Distribusi Metode Log Normal 115
Tabel 4.37 Interpolasi Nilai Kt 118
Tabel 4.38 Periode Ulang Rencana 119
Tabel 4.39 Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Type III* 120
Tabel 4.40 Analisa Distribusi Metode *Log Pearson Type III* 121
Tabel 4.41 Hasil Analisa Metode Distribusi Hujan Rancangan 122
Tabel 4.42 Distribusi Hujan rancangan (Xt) 122
Tabel 4.43 Nilai Delta Kritis 123
Tabel 4.44 Pengurutan Curah Hujan Maksimum 124
Tabel 4.45 *Reduced Variate* (Yt) 127
Tabel 4.46 Interpolasi Nilai T 128
Tabel 4.47 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi *Gumbel* 130
Tabel 4.48 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi Normal 133
Tabel 4.49 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi Log Normal 136
Tabel 4.50 Interpolasi Nilai Kt terhadap Cs 138
Tabel 4.51 Interpolasi Nilai T 139
Tabel 4.52 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi *Log Person Type III* 141
Tabel 4.53 Derajat Kepercayaan 142
Tabel 4.54 Pengurutan Curah Hujan Maksimum 143
Tabel 4.55 Interval Distribusi Persebaran Kelas 147
Tabel 4.56 Banyak Data Dalam Satu Kelas 148
Tabel 4.57 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi *Gumbel* 149
Tabel 4.58 Variabel Reduksi Gauss 152
Tabel 4.59 Batasan Nilai Setiap Kelompok 153
Tabel 4.60 Jumlah Data Setiap Kelas (Oi) 154
Tabel 4.61 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi Normal 155
Tabel 4.62 Analisa Interval Kelas 158
Tabel 4.63 Batasan Nilai Setiap Kelompok 159
Tabel 4.64 Jumlah Data Setiap Kelas (Oi) 159
Tabel 4.65 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi Log Normal 161
Tabel 4.66 Rekapitulasi Nilai Faktor Frekuensi 163
Tabel 4.67 Analisa Interval Kelas 165
Tabel 4.68 Batasan Nilai Setiap Kelompok 165
Tabel 4.69 Jumlah Data Setiap Kelas (Oi) 166
Tabel 4.70 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi Log Normal 167
Tabel 4.71 Kesimpulan Analisa Uji Kesesuaian Smirnov Kolmogorof 168
Tabel 4.72 Kesimpulan Analisa Uji Kesesuaian *Chi Square* 168
Tabel 4.73 Curah Hujan Max (Xr) 170
Tabel 4.74 Curah Hujan Max (Xr-m) 172
Tabel 4.75 Faktor Reduksi Luas 176
Tabel 4.76 Koefisien Pengaliran 180

Tabel 4.77 Analisa Penggunaan Lahan DAS Randugunting 180
Tabel 4.78 Koefisien Pengairan DAS Randugunting 181
Tabel 4.79 Curah Hujan Efektif Metode *Log Pearson Type III* dan PMP 186
Tabel 4.80 Analisa Rerata dan Curah Hujan Jam-jaman 190
Tabel 4.81 Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-jaman 193
Tabel 4.82 Analisa Kurva Naik 198
Tabel 4.83 Analisa Kurva Turun I 200
Tabel 4.84 Analisa Kurva Turun II 202
Tabel 4.85 Analisa Kurva Turun III 204
Tabel 4.86 Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu* 205
Tabel 4.87 Intensitas Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu* 208
Tabel 4.88 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun 212
Tabel 4.89 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun 213
Tabel 4.90 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun 214
Tabel 4.91 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun 215
Tabel 4.92 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun 216
Tabel 4.93 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun 217
Tabel 4.94 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 200 Tahun 218
Tabel 4.95 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 1000 Tahun 219
Tabel 4.96 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang ½ PMP 220
Tabel 4.97 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang PMP 221
Tabel 4.98 Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu* Debit Banjir Rencana 222
Tabel 4.99 Analisa Kurva Naik 230
Tabel 4.100 Analisa Kurva Turun 233
Tabel 4.101 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I 235
Tabel 4.102 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun 240
Tabel 4.103 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun 241
Tabel 4.104 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun 242
Tabel 4.105 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun 243
Tabel 4.106 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun 244
Tabel 4.107 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun 245
Tabel 4.108 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 200 Tahun 246
Tabel 4.109 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 1000 Tahun 247
Tabel 4.110 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang PMP 248
Tabel 4.111 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang ½PMP 249
Tabel 4.112 Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Debit Banjir Rencana 250
Tabel 4.113 Kesimpulan Analisa Hidrograf Satuan Sintetik 252
Tabel 4.114 Data Teknis Bendung Randugunting 253
Tabel 4.115 Data Teknis Waduk Randugunting 253
Tabel 4.116 Perhitungan Kapasitas Waduk Randugunting 256
Tabel 4.117 Hasil Analisa Lengkung Kapasitas Waduk 256
Tabel 4.118 Analisa Tampugan Bendungan Randugunting 258
Tabel 4.119 Analisa Koefisien Limpasan Debit 263
Tabel 4.120 Analisa *Storage Function* Asumsi Lebar *Spillway* 20 m 266
Tabel 4.121 Hasil Analisa HSS Gama I Periode 1000 Tahunan 269
Tabel 4.122 Analisa *Flood Routing* Asumsi Lebar *Spillway* 20 m 272
Tabel 4.123 Analisa Lebar *Spillway* dan Tinggi Limpasan I 275
Tabel 4.124 Analisa Lebar *Spillway* dan Tinggi Limpasan II 276

Tabel 4.125 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* I (L:10 m- 19 m) 278
Tabel 4.126 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* II (L: 20 m- 30 m)..... 280
Tabel 4.127 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* III (L: 31 m- 40 m) 282
Tabel 4.128 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* VI (L: 41 m- 50 m) 284
Tabel 4.129 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* V (L: 51 m- 60 m) 286
Tabel 4.130 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* VI (L: 61 m- 70 m) 288
Tabel 4.131 Analisa Perhitungan Hd 292
Tabel 4.132 Koordinat Penampang Ambang Pelimpah..... 295
Tabel 4.133 Perhitungan Kombinasi *a* dan *n* (0,4-0,6)..... 299
Tabel 4.134 Perhitungan Kombinasi *a* dan *n* (0,7-0,9)..... 300
Tabel 4.136 Perhitungan Bentuk Dasar Saluran Samping..... 304
Tabel 4.137 Rekapitulasi Elevasi Dasar Saluran Samping..... 306
Tabel 4.138 Rekapitulasi Elevasi Dasar Saluran Samping Rencana Baru 308
Tabel 4.139 Perhitungan Profil Muka Air Saluran Transisi 314
Tabel 4.140 Perhitungan Profil Muka Air Saluran Peluncur..... 317
Tabel 4.141 Tipe Kolam Olakan Datar..... 320
Tabel 4.142 Perhitungan *Rating Curve* saluran akhir..... 321
Tabel 4.143 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung..... 327
Tabel 4.144 Koordinat Bangunan Pelimpah..... 328
Tabel 4.145 Koordinat Mercu..... 329
Tabel 4.146 Analisa Luasan Ambang Pelimpah..... 331
Tabel 4.147 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen..... 333
Tabel 4.148 Faktor Kapasitas Dukung Formula Terzaqhi..... 334
Tabel 4.149 Harga-harga Perkiraan untuk Koefisien Gesekan..... 335
Tabel 4.150 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal..... 338
Tabel 4.151 Harga-harga Minimum Angka Rembesan *Line* (C_L)..... 339
Tabel 4.152 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 339
Tabel 4.153 *Uplift* Ambang Pelimpah Kondisi Air Normal 340
Tabel 4.154 Rekapitulasi Gaya Pada Ambang Pelimpah 341
Tabel 4.155 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 351
Tabel 4.156 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 351
Tabel 4.157 *Uplift* Ambang Pelimpah Kondisi Air Banjir 352
Tabel 4.158 Rekapitulasi Gaya Pada Ambang Pelimpah 353
Tabel 4.159 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal..... 358
Tabel 4.160 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir..... 359
Tabel 4.161 Koordinat Dinding Penahan..... 360
Tabel 4.162 Analisa Luasan Dinding Penahan Saluran Samping..... 362
Tabel 4.163 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen..... 364
Tabel 4.164 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal..... 369
Tabel 4.165 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 369
Tabel 4.166 *Uplift* Dinding Penahan Saluran Samping Kondisi Air Normal.... 370
Tabel 4.167 Rekapitulasi Gaya Dinding Penahan Saluran Samping..... 371
Tabel 4.168 Panjang Rembesan Kondisi Air Banjir..... 379
Tabel 4.169 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 380
Tabel 4.170 *Uplift* Dinding Penahan Saluran Samping Kondisi Air Banjir..... 380
Tabel 4.171 Rekapitulasi Gaya Dinding Penahan Saluran Samping..... 381
Tabel 4.172 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal..... 386
Tabel 4.173 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir..... 387

Tabel 4.174 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A 388
Tabel 4.175 Luasan Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A..... 390
Tabel 4.176 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen..... 392
Tabel 4.177 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal..... 396
Tabel 4.178 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 396
Tabel 4.179 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A 397
Tabel 4.180 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A 398
Tabel 4.181 Panjang Rembesan Kondisi Air Banjir..... 403
Tabel 4.182 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 403
Tabel 4.183 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A 404
Tabel 4.184 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A 405
Tabel 4.185 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal..... 407
Tabel 4.186 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir..... 408
Tabel 4.187 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen C 409
Tabel 4.188 Luasan Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen C..... 411
Tabel 4.189 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen..... 413
Tabel 4.190 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal..... 417
Tabel 4.191 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 417
Tabel 4.192 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C..... 418
Tabel 4.193 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C..... 419
Tabel 4.194 Panjang Rembesan Kondisi Air Banjir..... 424
Tabel 4.195 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line* 424
Tabel 4.196 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C..... 425
Tabel 4.197 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C..... 426
Tabel 4.198 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal..... 428
Tabel 4.199 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir..... 429
Tabel 4.200 Rekapitulasi Stabilitas Bangunan Pelimpah 430

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengelompokan Bendungan Urugan 8
Gambar 2.2 Jenis-Jenis Bendungan..... 9
Gambar 2.3 Bagian-Bagian *Spillway* 11
Gambar 2.4 Ilustrasi Stasiun Curah Hujan Rata-Rata..... 12
Gambar 2.5 Ilustrasi Pembagian Daerah Dengan Poligon *Thiessen*..... 13
Gambar 2.6 Ilustrasi Pembagian Daerah Dengan *Isohyet*..... 13
Gambar 2.7 Grafik Nilai *Variable Statistic* (Km)..... 31
Gambar 2.8 Faktor Penyesuaian Rerata Terhadap Pengamatan Maksimum 32
Gambar 2.9 Faktor Penyesuaian Standar Deviasi 33
Gambar 2.10 Kurva Faktor Reduksi Luas..... 35
Gambar 2.11 Grafik Faktor Penyesuaiaan Terhadap Panjang Data..... 36
Gambar 2.12 Grafik Faktor Koreksi C1..... 40
Gambar 2.13 Grafik Faktor Koreksi C2..... 40
Gambar 2.14 Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit Pelimpah. 46
Gambar 2.15 Bentuk-bentuk Pelimpah 48
Gambar 2.16 Kolam olakan datar tipe I..... 51
Gambar 2.17 Kolam olakan datar tipe II..... 51
Gambar 2.18 Kolam olakan datar tipe III..... 51
Gambar 2.19 Kolam olakan datar tipe IV 52
Gambar 2.20 Tata Letak Bendungan Randugunting..... 55
Gambar 3.1 Lokasi Proyek bendungan Randugunting..... 57
Gambar 3.2 Peta DTA Randugunting dan Stasiun Pengamatan Hujan 59
Gambar 3.3 Peta DTA Randugunting 60
Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian..... 62
Gambar 4.1 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Sumber..... 76
Gambar 4.2 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Todanan 77
Gambar 4.3 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Tunjungan..... 78
Gambar 4.4 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Lawungan 79
Gambar 4.5 Nilai R dan Q Hasil Perhitungan..... 85
Gambar 4.6 Letak Koordinat Stasiun Curah Hujan 96
Gambar 4.7 Mengubungkan Antar Stasiun 97
Gambar 4.8 Membagi Garis Hubung Sama Panjang 97
Gambar 4.9 Menarik Garis Tegak Lurus..... 98
Gambar 4.10 Luasan Area Cakupan Stasiun Curah Hujan 98
Gambar 4.11 Curah Hujan Maksimum Area DAS Metode *Polygon Thiessen*. 102
Gambar 4.12 Grafik Nilai *Variable Statistic* (Km)..... 173
Gambar 4.13 Faktor Penyesuaian Rerata Terhadap Pengamatan Maksimum .. 174
Gambar 4.14 Faktor Penyesuaian Standar Deviasi 175
Gambar 4.15 Kurva Faktor Reduksi Luas..... 177
Gambar 4.16 Grafik Faktor Penyesuaiaan Terhadap Panjang Data..... 178
Gambar 4.17 Peta DTA Randugunting 183
Gambar 4.18 Peta Pembagian Tingkat Sungai..... 183
Gambar 4.19 Distribusi Hujan Jam-jaman..... 190
Gambar 4.20 Pola Distribusi Hujan 191
Gambar 4.21 Pembagian Batas Kurva Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu*.... 196

Gambar 4.22 Unit Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*..... 206
Gambar 4.23 Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu* Debit Banjir Rencana..... 223
Gambar 4.24 Peta Pembagian Tingkat Sungai..... 224
Gambar 4.25 Cara Menentukan Faktor Lebar..... 225
Gambar 4.26 Penetapan RUA Tingkat Sungai..... 226
Gambar 4.27 Kurva Naik 230
Gambar 4.28 Kurva Turun 234
Gambar 4.29 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Gama I 236
Gambar 4.30 Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Debit Banjir Rencana 251
Gambar 4.31 Peta Situasi Area Genangan Bendungan Randugunting 254
Gambar 4.32 Lengkung Kapasitas Tampungan Bendungan Randugunting 257
Gambar 4.33 Kapasitas Tampungan Waduk..... 259
Gambar 4.34 Grafik Faktor Koreksi C1..... 260
Gambar 4.35 Grafik Faktor Koreksi C2..... 261
Gambar 4.36 Grafik Faktor Koreksi C1..... 262
Gambar 4.37 Grafik Faktor Koreksi C2..... 262
Gambar 4.38 Grafik Hubungan Antara S/dt dan *Head* (H)..... 267
Gambar 4.39 Grafik Hubungan Antara α_2 dan Debit (Qo)..... 268
Gambar 4.40 Flood Routing *Spillway* L= 20 m Kala ulang 1000 tahunan 273
Gambar 4.41 Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit Pelimpah 274
Gambar 4.42 Hasil Perhitungan Debit Setiap *Trial* Lebar *Spillway* 277
Gambar 4.43 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* I (L:10 m- 19 m)..... 279
Gambar 4.44 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* II (L: 20 m- 30 m) 281
Gambar 4.45 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* III (L:31 m- 40 m)..... 283
Gambar 4.46 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* IV (L: 41 m- 50 m)..... 285
Gambar 4.47 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* V (L: 51 m- 60 m)..... 287
Gambar 4.48 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* VI (L: 61 m- 70 m)..... 289
Gambar 4.49 Kedalaman saluran pengarah aliran terhadap puncak mercu 290
Gambar 4.50 Skema aliran air melintasi sebuah pelimpah 291
Gambar 4.51 Penampang mercu pelimpah..... 294
Gambar 4.52 Elevasi Dasar Teoritis Dan Rencana Saluran Samping..... 307
Gambar 4.53 Kemiringan Dasar Saluran Samping Setelah Penurunan 309
Gambar 4.54 Skema Bagian Transisi Saluran Pengarah Bangunan Pelimpah.. 310
Gambar 4.55 Grafik Profil Muka Air Pada Saluran Peluncur..... 319
Gambar 4.56 Karakteristik kolam USBR Tipe III 323
Gambar 4.57 Grafik penentuan gigi benturan dan ambang hilir kolam olakan 324
Gambar 4.58 Koordinat Ambang Pelimpah..... 330
Gambar 4.59 Analisa Luasan Ambang Pelimpah 332
Gambar 4.60 Gaya-gaya Pada Ambang Pelimpah Kondisi Air Normal..... 342
Gambar 4.61 Gaya-gaya Pada Ambang Pelimpah Kondisi Air Banjir..... 354
Gambar 4.62 Koordinat Dinding Penahan Saluran Samping..... 361
Gambar 4.63 Analisa Luasan dinding penahan saluran samping..... 363
Gambar 4.64 Gaya-gaya Pada Dinding Penahan Kondisi Air Normal 372
Gambar 4.65 Gaya-gaya Pada Dinding Penahan Kondisi Air Banjir 382
Gambar 4.66 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A.. 389
Gambar 4.67 Luasan Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A 391
Gambar 4.68 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi A Kondisi Normal ... 399
Gambar 4.69 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi A Kondisi Air Banjir 406

Gambar 4.70 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen C.. 410
Gambar 4.71 Analisa Luasan Dinding Penahan Transisi..... 412
Gambar 4.72 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi C Kondisi Normal ... 420
Gambar 4.73 Dimensi Saluran Samping Pelimpah..... 431
Gambar 4.74 Saluran Samping Pelimpah Kondisi Air Normal 432
Gambar 4.75 Saluran Samping Pelimpah Kondisi Air Banjir..... 433
Gambar 4.76 Dimensi Dinding Penahan Saluran Transisi..... 434
Gambar 4.77 Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Kondisi Air Banjir..... 435

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Singkatan:

AutoCAD	:	*Auto Computer Aided Drawing*
BBWS	:	Balai Besar Wilayah Sungai
BMKG	:	Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika
BPDAS	:	Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung
DAS	:	Daerah Aliran Sungai
DPS	:	Daerah Pengaliran Sungai
DTA	:	Daerah Tangkapan Air
DK	:	Derajat Kebebasan
DI	:	Daerah Irigasi
Gs	:	*Specific Gravity*
HSS	:	Hidrograf Satuan Sintetik
ICOLD	:	*The International Commission on Large Dams*
MAB	:	Muka Air Banjir
MAN	:	Muka Air Normal
OP SDA	:	Operasional dan Pemeliharaan Sumber Daya Air
PMP	:	*Probable Maksimum Precipitation*
RAB	:	Rencana Anggaran Biaya
RAPS	:	*Rescaled Adjusted Partial Sums*
SF	:	*Safety Factor*
USBR	:	*United State Bureau of Reclamation*
US WRC	:	U.S Water Resources Council
WS	:	Wilayah Sungai

Simbol dan Notasi:

A	[	L^2	]	Luas DAS
A	[	L^2	]	Luas area stasiun curah hujan
A	[	-	]	Koefisien limpasan
A	[	-	]	Interval antar pias *vertical*
A	[	L^2	]	Luas penampang basah
Ai	[	L^2	]	Luas daerah yang dibatasi oleh garis *isohyet* ke i
A_1	[	L	]	Luas hidrolis
AU	[	L^2	]	Luas Daerah Tangkapan Air (DTA) hulu
B	[	L	]	Lebar bangunan
B_{ef}	[	L	]	Lebar ambang mercu *spillway*
B1	[	L	]	Lebar pada hulu
B2	[	L	]	Lebar pada hilir
c	[	-	]	Kohesi antara dasar fondasi dengan tanah fondasi
C	[	-	]	Koefisien pengaliran/ limpahan
Ci	[	-	]	Koefisien luasan
Cs	[	-	]	Koefisien kemelencengan
C_d	[	-	]	Koefisien debit bangunan pelimpah
Ck	[	-	]	Koefisien kurtosis /ketajaman
C_L	[	-	]	Rembesan *Line*
C_S	[	-	]	Koefisien *skewness*
Cv	[	-	]	Koefisien variasi metode sebaran log normal
D	[	L^{-1}	]	Kerapatan jaringan kuras
d_c	[	L	]	Kedalaman kritis pada ujung hilir saluran transisi
d_e	[	L	]	Kedalaman aliran masuk ke dalam saluran transisi
d_I	[	L	]	Kedalaman aliran masuk ke dalam saluran peluncur.
dt	[	T	]	Periode penelusuran
d	[	L	]	Kedalaman air
Dmax	[	%	]	Peluang teoritis
Dk	[	-	]	Derajat kebebasan
Dy	[	-	]	Simpangan rata-rata
Dy^2	[	-	]	Simpangan rata-rata kuadrat
D_0	[	-	]	Nilai Kritis D_0 untuk Uji *Sminov-Kolmogorov*

D_1	[	L	]	Kedalaman air di bagian hulu kolam olak
D_2	[	L	]	Kedalaman air di bagian hilir kolam olak
F	[	-	]	Faktor reduksi
Fb	[	L	]	Tinggi jagaan
F_{gl}	[	-	]	Faktor aman terhadap penggulingan
F_{gs}	[	-	]	Faktor aman terhadap penggeseran
F_{i+1}	[	L^2	]	Luas daerah h_{1+1}
Fr	[	-	]	Bilangan *froude*
Ft	[	-	]	Analisa variabel reduksi
f_1	[	-	]	Nilai faktor penyesuaian xn
f_2	[	-	]	Faktor penyesuaian standar deviasi
F(t)	[	-	]	Nilai unit variabel normal
F_1	[	L^2	]	Luas daerah h_1
G	[	-	]	Koefisien kurtosis
G	[	buah	]	Analisa jumlah kelas
g	[	$L^2.T^{-1}$	]	Percepatan gravitasi bumi
H	[	L	]	*Head* tinggi limpasan
h_d	[	L	]	Tinggi tekanan rencana
H_d	[	L	]	Tinggi tekanan total diatas mercu
he	[	L	]	Kehilangan tinggi akibat perubahan penampang
hf	[	L	]	Kehilangan tinggi akibat gesekan
hi	[	L	]	Keliling wilayah dengan elevasi I
h_{i+1}	[	L	]	Keliling wilayah dengan elevasi i+1
h_m	[	L	]	Kehilangan total tinggi tekanan
h_v	[	L	]	Kehilangan tinggi akibat kecepatan
H_1	[	L	]	Kedalaman pondasi
I	[	$L.T^{-1}$	]	Intesitas curah hujan
I	[	$L^3.T^{-1}$	]	Debit yang masuk di bagian hulu
I	[	L^3	]	Kapasitas tampungan waduk
I	[	-	]	Intensitas debit banjir
I_e	[	-	]	Faktor keutamaan gempa
Ii	[	-	]	Garis *Isohyet* ke-i, n, n+1
JN	[	-	]	Pertemuan sungai

K	[	-	]	Koefisien kemelencengan dari *log pearson tipe III*
K_a	[	-	]	Koefisien tekanan tanah aktif
Km	[	-	]	Analisa nilai *variable statistic*
K_p	[	-	]	Koefisien tekanan tanah pasif
kt	[	-	]	Variabel reduksi gauss
L’	[	L	]	Lebar pelimpah yang sesungguhnya
L	[	L	]	Lebar efektif
L	[	L	]	Panjang sungai utama
L_d	[	L	]	Panjang kolam olakan
Lk	[	L	]	Lebar kolam olak
Lt	[	L	]	Panjang sungai semua tingkat
L_j	[	L	]	Panjang loncatan hidrolis
L1	[	L	]	Panjang sungai Tingkat
M_v	[	M.L	]	Momen vertikal
M_h	[	M.L	]	Momen horizontal
m	[	-	]	Nomor urut kejadian
n	[	buah	]	Jumlah data
N	[	buah	]	Jumlah pilar-pilar diatas mercu pelimpah
N1	[	buah	]	Jumlah pangsa sungai tingkat 1
Nt	[	buah	]	Jumlah pangsa sungai semua tingkat
N	[	buah	]	Jumlah pias
N	[	buah	]	Jumlah balok gigi-gigi
n	[	-	]	Koefisien *manning*
Oi	[	buah	]	Analisa jumlah data setiap kelas
$\overline{p}$	[	$L.T^{-1}$	]	Hujan Rata-rata Wilayah
P	[	L^2	]	Keliling basah
P’(x)	[	%	]	Probabilitas peluang teoritis
P(x)	[	%	]	Analisa probabilitas data
P_a	[	-	]	Tekanan tanah aktif
P_p	[	-	]	Tekanan tanah pasif
P_1	[	L	]	Keliling basah
Pw	[	N	]	Tekana air luar
Q	[	$L^3.T^{-1}$	]	Debit banjir

QB	[	$L^3.T^{-1}$	]	Aliran dasar/*base flow*
Qk	[	$L^3.T^{-1}$	]	Debit banjir pada jam ke-t
Qt	[	-	]	Rasio debit banjir
Q_t	[	$L^3.T^{-1}$	]	Unsur aliran sebelum mencapai debit puncak
Q_{out}	[	$L^3.T^{-1}$	]	Debit yang melewati *spillway*
Q_p	[	$L^3.T^{-1}$	]	Debit puncak banjir
R	[	-	]	Rasio hujan efektif jam-jaman
R	[	L	]	Jari – jari hidrolis
R	[	-	]	Faktor modifikasi respon
R	[	-	]	*Range*
$\overline{R}$	[	L	]	Curah hujan rata-rata
R_{eff}	[	-	]	Curah hujan efektif
R_n	[	-	]	Nilai curah hujan untuk jam ke-n
R_O	[	L	]	Hujan satuan
Rrt	[	-	]	Radius hidrolik rerata
R_t	[	-	]	Resiko kegagalan
Rt	[	L	]	Curah hujan rencana
R_t	[	$L.T^{-1}$	]	Rerata hujan sampai jam ke-t
R_T	[	-	]	Intensitas curah hujan pada jam ke-t
RUA	[	-	]	Luas relatif DAS di hulu
$R_1 \ldots R_n$	[	L	]	Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun
$R_1 \ldots R_n$	[	L	]	Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun
R_{24}	[	L	]	Curah hujan maksimum dalam 24 jam
S	[	-	]	Standar deviasi
S	[	L^3	]	Besarnya Tampungan (*storage*)
S	[	-	]	Kemiringan sungai
S_{DS}	[	-	]	Parameter percepatan spektrum respon desain
SF	[	-	]	Faktor sumber
SIM	[	-	]	Faktor simetri
Sk^{**}	[	-	]	*Rescaled adjusted partial sums*
S_n	[	-	]	*Reduced standard deviasi*
S_o	[	-	]	Slope transisi
T	[	T	]	Kala ulang

T	[	T	]	Durasi hujan terpusat (Asumsi = 5 jam)
t	[	T	]	Durasi hujan
TB	[	T	]	Waktu dasar
t_g	[	T	]	Waktu konsentrasi
t_p	[	T	]	Selang waktu
t_r	[	-	]	Waktu curah hujan (0,5 tg s/d tg)
Tr	[	T	]	Satuan waktu hujan
$T_{o.3}$	[	T	]	Waktu penurunan debit
U_n	[	T	]	Nilai hidrograf satuan untuk jam ke-n
V	[	L^3	]	Volume tampungan
V	[	$L.T^{-1}$	]	Kecepatan aliran
Vrt	[	-	]	Kecepatan aliran rerata
V_1	[	$L.T^{-1}$	]	Kecepatan Pada Titik ke-1
v_e	[	-	]	Kecepatan Aliran Masuk ke Dalam Saluran Transisi
v_c	[	-	]	Kecepatan aliran kritis pada ujung hilir saluran transisi
v_i	[	-	]	Kecepatan aliran masuk ke dalam saluran peluncur
V_1	[	$L.T^{-1}$	]	Kecepatan aliran pada penampang
Ww	[	N	]	Beban air
Ws	[	-	]	Tekanan beban timbunan
W	[	L	]	Kedalaman saluran pengarah
WF	[	L	]	Faktor lebar
$W_1 \ldots W_n$	[	%	]	Faktor bobot masing-masing stasiun
X	[	-	]	Data curah hujan
X	[	-	]	Jarak horizontal
$\overline{x}$	[	$L.T^{-1}$	]	Curah hujan maksimum rata-rata
X^2Cr	[	-	]	*Chi* teoritis
X_h^2	[	-	]	Parameter *Chi-Kuadrat* terhitung
X_i	[	L	]	Curah hujan pada stasiun pengukur
Xm	[	-	]	Curah Hujan maksimum yang mungkin terjadi
Xn	[	-	]	Rerata Curah hujan
Xn	[	-	]	Analisa luasan terkoreksi
Xn^2	[	-	]	Nilai *Chi* kuadrat
$\overline{X}r$	[	-	]	Rerata data curah hujan

X_t	[	L	]	Curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun
X_{rt}	[	-	]	Curah hujan rata-rata
X,Y	[	-	]	Koordinat profil mercu dengan titik awal pada titik tertinggi mercu
y	[	-	]	Kedalaman aliran (*trial and error*)
Y_n	[	-	]	Reduced mean
Yi	[	-	]	Data hujan ke-i
Yt	[	-	]	*Reduced variate*
$\bar{Y}$	[	-	]	Data hujan rerata-I
Y	[	-	]	Jarak vertical
Y	[	L	]	Tinggi balok
Z	[	-	]	Rencana kemiringan pelimpah
Z	[	-	]	Beda tinggi antar penampang
Z_1	[	L	]	Perbedaan elevasi
α	[	-	]	Parameter hidrograf
α	[	-	]	Koef. Koriolis
Δ/	[	-	]	Jarak sisi miring
ΔL	[	L	]	Interval antar pias
ΔP	[	-	]	Analisa selisih probabilitas
Δx	[	L	]	Jarak lantai penampang
ΔX	[	-	]	Jarak antar penampang horizontal
ΣA	[	-	]	Total luas area stasiun curah hujan
$\sum H$	[	-	]	Jumlah gaya-gaya horizontal
$\sum V$	[	-	]	Jumlah gaya-gaya vertikal
φ	[	$L.T^{-1}$	]	Indeks infiltrasi
θ	[	°	]	Sudut
γ	[	-	]	Berat jenis material
ϕ	[	-	]	Sudut geser dalam tanah

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Denah Instrimental Bendungan Randugunting
Lampiran 2 Gambar Potongan Memanjang Bangunan Pelimpah
Lampiran 3 Gambar Detail Potongan A-A
Lampiran 4 Gambar Detaik Potongan B-B
Lampiran 5 Data Curah Hujan (Sumber BMKG Kota Semarang)
Lampiran 6 Data Curah Hujan (Sumber BBWS Pemali Juana)
Lampiran 7 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I
Lampiran 8 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II
Lampiran 9 Lembar Asistensi Dosen Pembanding
Lampiran 10 Berita Acara Seminar Tugas Akhir
Lampiran 11 Hasil Uji Turnitin

KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

Oleh:

Annisa Turrohmah [1)], Chandra Kartika Millenia[1)]
Ir. Moh. Faiqun Niam, M.T,.Ph.D. [2)] , Ari Sentani, ST.,M.Sc [2)]

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan di masa depan diperkirakan menyebabkan penambahan nilai potensi erosi dan sedimentasi yang telah direncanakan, hal ini menyebabkan umur layan Bendungan Randugunting berkurang. Selain sedimentasi dan erosi faktor lain yang memperpendek umur layanan bendungan adalah curah hujan yang tidak terduga. Apabila curah hujan yang melimpah berlebihan diperparah dengan terjadinya kenaikan nilai erosi dan sedimentasi di wilayah DAS Randugunting, besar peluang terjadi *overtopping*. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan analisa teknis terhadap bangunan pelimpah (*spillway*) Bendungan Randugunting.

Kajian teknis *spillway* di Proyek Pembangunan Bendungan Randugunting dilakukan dengan menganalisa berbagai aspek. Pertama melakukan analisa data hidrologi terbaru dengan jangkauan dari 2010 hingga 2020. Analisa hidrologi dilakukan untuk mendapatkan besarnya debit banjir yang mungkin melimpas. Kemudian dilakukan anlisa hidrolika untuk mendapat dimensi pelimpah dan aliran air yang terkontrol kecepatannya. Setelah dimensi dan luasan pelimpah didapatkan perlu dilakukan analisa stabilitas agar didapatkan *output* pelimpah yang aman dari segala aspek perencanaan teknis.

Berdasarkan hasil analisa didapat analisa hidrologi periode ulang 1000 tahunan sebesar 254,09 m^3/dt. Analisa topografi area DAS didapatkan volume tampungan kapasitas waduk 10,4 Juta m^3, luasan 1,46 Juta m^2,dan elevasi genangan setinggi ± 94,27 m. Analisa hidrolika didapat lebar pelimpah 40 m, kedalaman saluran pengarah 3 m, desain pelimpah tipe pelimpah samping, dan mercu tipe *ogee* I. Selanjutnya analisa stabilitas bangunan pelimpah dilakukan simulasi keadaan air normal dan keadaan air banjir, didapati bahwa *spillway* aman terhadap bahaya guling, geser, *uplift*, eksentrisitas, *piping*, dan memenuhi dari segala aspek pengujian terhadap daya dukung tanah.

Kata kunci: Pelimpah Bendungan Randugunting; Hidrolika; Hidrologi; Stabilitas

[1)] Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang
[2)] Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

TECHNICAL STUDY OF SPILLWAY

DAM RANDUGUNTING BLORA REGENCY

By:

Annisa Turrohmah [1)], Chandra Kartika Millenia[1)]
Ir. Moh. Faiqun Niam, M.T,.Ph.D. [2)] , Ari Sentani, ST.,M.Sc [2)]

ABSTRACT

Future land use transformation is estimated to result in additional value for the planned erosion and sedimentation potential, this transformation reduces the service life of the Randugunting Dam. Besides sedimentation and erosion another factor that shortens the service life of the dam is unpredictable rainfall. If the abundant rainfall is excessive, exacerbated by an increase in the value of erosion and sedimentation in the Randugunting watershed, its highly likely that overtopping will occur. Based on this description, Randugunting Dam spillway technical analysis needs to be done.

Redesign of the technical aspect of the spillway is carried out by analyzing various aspects. The first is to analyze the latest hydrological data with a time span of 2010 to 2020, this is carried out to determine possible flood discharges. Then a hydraulic analysis to obtain the dimensions of the spillway and the speed of the water flow which was controlled for its speed. After the dimensions and area are known from the previous analysis, it is necessary to carry out a stability analysis in order to obtain a safe spillway output from all aspects of technical planning.

Based on the previous analysis, a hydrological analysis of the 1000 year return period of 254.09 m^3/sec. The topographical analysis of the watershed area shows that the reservoir volume is 10.4 Million m^3, the area is 1.46 Million m^2, and the inundation elevation is ± 94.27 m. Analysis hydraulics obtained the spillway width of 40 m, the depth of the guide channel 3 m, the design of the side spillway type, and the ogee type I. Furthermore, the stability analysis of the spillway was carried out simulating normal and flood water conditions, it was found that the spillway was safe against the danger of rolling, sliding, uplift, eccentricity, piping, and safe for the bearing capacity.

Keywords: *Randugunting Dam Spillway; Hydraulics; Hydrology; Stability*

[1)] *Civil Engineering Student of Sultan Agung Islamic University Semarang*
[2)] *Lecturer in Civil Engineering at Sultan Agung Islamic University Semarang*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendungan merupakan bangunan air yang memiliki fungsi membendung laju air agar dapat menjadi tempat penyimpanan atau penampungan air, biasanya bersumber dari sungai dan air hujan yang berlebihan. Bendungan ditinjau dari materialnya dapat dideskripsikan sebagai bendungan yang dibangun dengan menggelar, memadatkan kemudian menimbun lapisan demi lapisan dengan bahan-bahan yang memiliki kapasitas meredam rembesan air dan menahan aliran air yang ditampung (Sosrodarsono, 1977).

Bendungan urugan tipe homogen merupakan bendungan yang lapisan-lapisannya tersusun dari bahan-bahan yang memiliki gradasi butiran yang hampir sama seperti bahan material tanah *clay* atau batuan yang dapat menahan rembesan dan laju air (Sosrodarsono, 1977).

Bangunan utama *dam* Bendungan Randugunting yang berupa *central core fill type dam* membutuhkan bangunan pendukung. Beberapa bangunan pelengkap atau pendukung yang ada diantaranya berupa bangunan pelimpah (*spillway*), bangunan pengelak atau pengambilan (*intake*), jalan akses todanan, dan terdapat fasilitas umum (fasum). Disamping tidak dapat beroperasi sendiri bendungan tipe urugan memiliki kelemahan yang sudah sangat familiar yaitu bagian tubuh bendungan yang lemah menahan *overtopping*, sering disebut limpasan air (Soedibyo,2003).

Limpasan air (*overtopping*) dapat terjadi apabila debit banjir yang melimpas lebih besar dari yang direncanakan sehingga melebihi dari kapasitas tampungan bendungan yang telah direncanakan. Hal ini dapat membahayakan keamanan tubuh atau bagian utama bendungan. Kejadian *overtopping* dapat diminimalisir dengan mengeluarkan air melalui saluran pelimpas yang disebut *spillway* ketika muka air telah mendekati elevasi tertinggi dari tampungan bendung. Bangunan pelimpah memiliki beberapa komponen diantaranya saluran pelimpah itu sendiri, saluran transisi, saluran peluncur, dan peredam energi.

Pelimpasan debit air hujan yang berlebihan dari tampungan melalui *spillway* maka perlu diperhatikan berbagai aspek dalam perencanaan desainnya. *Spillway*

harus aman, dapat menampung dan melimpaskan debit banjir yang besar. Kemudian perlu dilakukan kajian teknis terhadap bangunan pelimpah yang akan dibangun guna mengurangi kemungkina *overtopping*.

Saat ini di sepanjang wilayah Sungai Randugunting yang berupa kawasan pertanian dan perhutanan yang sangat luas sehingga diperhitungkan bahwa potensi erosi dan sedimentasinya akan besar. Pada masa yang akan datang tidak menutup kemungkinan bila dengan berjalannya waktu akan terjadi perubahan tataguna lahan, misalnya wilayah hutan beralih fungsi menjadi area persawahan dan area permukiman karena jumlah penduduk dan pendatang akan semakin meningkat.

Karena perubahan tata guna lahan di masa depan diperkirakan akan terjadi penambahan nilai potensi erosi yang telah direncanakan. Bersamaan dengan meningkatnya potensi erosi maka potensi sedimentasi juga akan meningkat sehingga umur layan Bendungan Randugunting akan berkurang. Selain sedimentasi dan erosi faktor lain yang memperpendek umur layanan bendungan adalah curah hujan yang tidak terduga. Berdasarkan uraian penjelasan diatas, maka perlu dilakukan kajian teknis terhadap bangunan pelimpah (*spillway*) Bendungan Randugunting dengan data hidrologi terbaru dan aspek-aspek keamanan lainnya.

Keamanan bangunan pelimpah perlu diperhitungkan dari luas, elevasi, dan volume tampungan genangan di waduk untuk memperhitungkan dimensi *spillway*. Tujuannya agar debit banjir yang melimpah masih dalam kapasitas limpasan bangunan pelimpah. Apabila debit yang melimpas lebih besar dari kapasitas limpasan *spillway* maka fungsi *spillway* tidak akan optimal dan besar kemungkinan bangunan pelimpah tersebut akan rusak lebih cepat dari perencanaan waktu layannya.

Dalam Laporan Tugas Akhir ini akan dilakukan pengkajian terhadap hal-hal teknis mengenai bangunan pelimpah (*spillway*) pada Proyek Pembangunan Bendungan Randugunting. Penggunaan data hidrologi terbaru pada kajian teknis bangunan pelimpah ini diharapkan dapat menghasilkan debit rencana yang sesuai dengan situasi saat ini, sehingga dapat mengurangi kemungkinan adanya *overtopping* dan mendapatkan bangunan pelimpah yang memenuhi persyaratan teknis baik dari segi fungsi, kekuatan, dan stabilitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diuraikan, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana analisa hidrologi yaitu debit banjir maksimal sungai DAS Randugunting?
2. Bagaimana analisa perhitungan luas genangan, tinggi elevasi genangan, dan volume genangan?
3. Bagaimana analisa teknis bangunan pelimpah (*spillway*) dalam perencanaan tipe, dimensi, dan stabilitasnya?

1.3 Batasan Masalah

Laporan Tugas Akhir ini pembahasanya difokuskan pada kajian teknis bangunan pelimpah (*spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora. Kajiannya meliputi analisa debit banjir maksimum yang terjadi, luas genangan, tinggi elevasi genangan, volume genangan, dimensi bangunan pelimpah, dan stabilitasnya. Adapun batasan masalah yang disajikan dalam laporan tugas akhir, yaitu sebagai berikut:

1. Analisa hidrologi menggunakan data curah hujan terbaru dari 3 titik stasiun curah hujan yang ada di wilayah DAS Randugunting, dalam periode waktu 11 tahun dari tahun 2010 hingga tahun 2020.
2. Tidak dilakukan analisa perhitungan sedimentasi.
3. Dalam analisa teknis ini tidak menghitung RAB.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembahasan kajian teknis bangunan pelimpah (*spillway*) sebagai bahasan untuk laporan tugas akhir, yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung analisa hidrologi yaitu debit banjir maksimal sungai DAS Randugunting.
2. Menghitung luas genangan, tinggi elevasi genangan, dan volume genangan.
3. Menganalisis secara teknis bangunan pelimpah (*spillway*).

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan laporan tugas akhir ini diantaranya:

1. Dapat dijadikan referensi dalam perencanaan maupun pendesainan bangunan pelimpah (*spillway*) yang sesuai dan memenuhi kajian persyaratan kriteria teknis.
2. Kemudian dapat dijadikan sebagai pendukung konsep perhitungan debit banjir yang terjadi di suatu wilayah lainnya.
3. Dapat dijadikan bahan untuk pengembangan ilmu teoritis yang sudah didapatkan mahasiswa di bangku perkuliahan dan memberikan tambahan ilmu mengenai hal-hal yang menyangkut bendungan dan bangunan pelengkapnya khususnya bangunan pelimpah (*spillway*).
4. Hasil akhir laporan tugas akhir ini dapat memberikan tambahan informasi kepada masyarakat umum dan pihak-pihak terkait dalam proses pembangunan Proyek Bendungan Randugunting.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan tugas akhir yang berjudul "Kajian Teknis Bangunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora" sebagai berikut:

Bagian Awal

Bagian awal yang membuka penulisan laporan tugas akhir ini meliputi : Halaman judul, usulan penelitian, halaman pengesahan, berita acara bimbingan tugas akhir, pernyataan bebas plagiasi, pernyataan keaslian, motto, persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, arti simbol dan singkatan, daftar lampiran, dan yang terakhir abstraksi.

Bagian Inti

Bagian inti atau isi dari penulisan laporan tugas akhir ini disajikan dalam lima bab, yang masing-masing bab memiliki penjabarannya sendiri dalam beberapa sub-bab. Bagian inti meliputi:

BAB I : PENDAHULUAN

Bagian bab ini berisi penjabaran mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bagian bab ini menjabarkan secara detail dasar teori beserta daftar pustakanya. Tinjauan pustaka menjelaskan secara rinci teori-teori yang mendukung tujuan penulisan laporan tugas akhir ini berupa uraian dan penjelasan mengenai bendungan, bangunan pelengkap bendungan, uraian mengenai bangunan pelimpah (*spillway*), analisa perhitungan hidrologi, dan teori-teori mengenai kajian teknis untuk mendapatkan dimensi bangunan pelimpah yang baik, ditinjau dari segi kekuatan maupun stabilitasnya dapat memenuhi persyaratan teknis yang telah ditentukan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bagian bab ini merupakan penjabaran dari metode, prosedur dan teknik mengenai bagaimana data diperoleh, kemudian menjabarkan metode yang akan digunakan terhadap data yang diperoleh untuk mendapat hasil dan pembahasan yang dituju, menjabarkan lokasi, material, dan alat-alat yang digunakan serta metode yang berhubungan dengan penulisan laporan tugas akhir ini untuk mencapai hasil dan pembahasan yang sesuai dengan kaidah teknis yang ada.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian bab ini menguraikan hasil analisa teknis menyeluruh dari bangunan pelimpah. Hasil tersebut didapat melalui pengolahan data dengan metode perhitungan yang runtut sesuai dengan penjabaran pada Bab Metode dan Penelitian. Kajian yang menjadi pokok bahasan

bagian ini diantaranya analisa hidrologi wilayah DAS Randugunting, analisa geologi atau mekanika tanah, analisa tampungan bendungan, analisa hidrolika bangunan pelimpah, dan stabilitas bangunan pelimpah yang sesuai dengan kajian analisa teknis.

BAB V : PENUTUP

Bagian bab penutup menjabarkan tentang kesimpulan secara garis besar mengenai hasil dan pembahasan yang telah dikaji, serta saran-saran mengenai permasalahan dan kendala lainnya dalam seluruh tahapan pembuatan laporan tugas akhir ini.

Bagian Akhir

Bagian akhir dari penulisan laporan tugas akhir ini meliputi: daftar pustaka dari sumber-sumber referensi dan kutipan yang dipakai dalam penulisan, serta lampiran-lampiran berupa tabel-tabel hasil perhitungan dan data-data lain yang mendukung hasil bahasan dari laporan tugas akhir ini.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bendungan

Bendungan atau dam adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau, atau tempat rekreasi. Bendungan Urugan merupakan bendungan yang dibangun dengan cara menimbunkan bahan-bahan seperti: batu, krakal, kerikil, pasir dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi sebagai pengempang atau pengangkat permukaan air yang terdapat di dalam waduk di udiknya disebut bendungan *type* urugan atau "bendungan urugan" (Sosrodarsono, 1977).

Bendungan merupakan bangunan air yang dibangun secara melintang sungai, sedemikian rupa agar permukaan air sungai di sekitarnya naik sampai ketinggian tertentu, sehingga air sungai tadi dapat dialirkan melalui pintu sadap ke saluran-saluran pembagi kemudian hingga ke lahan-lahan pertanian (Kartasapoetra, 1991).

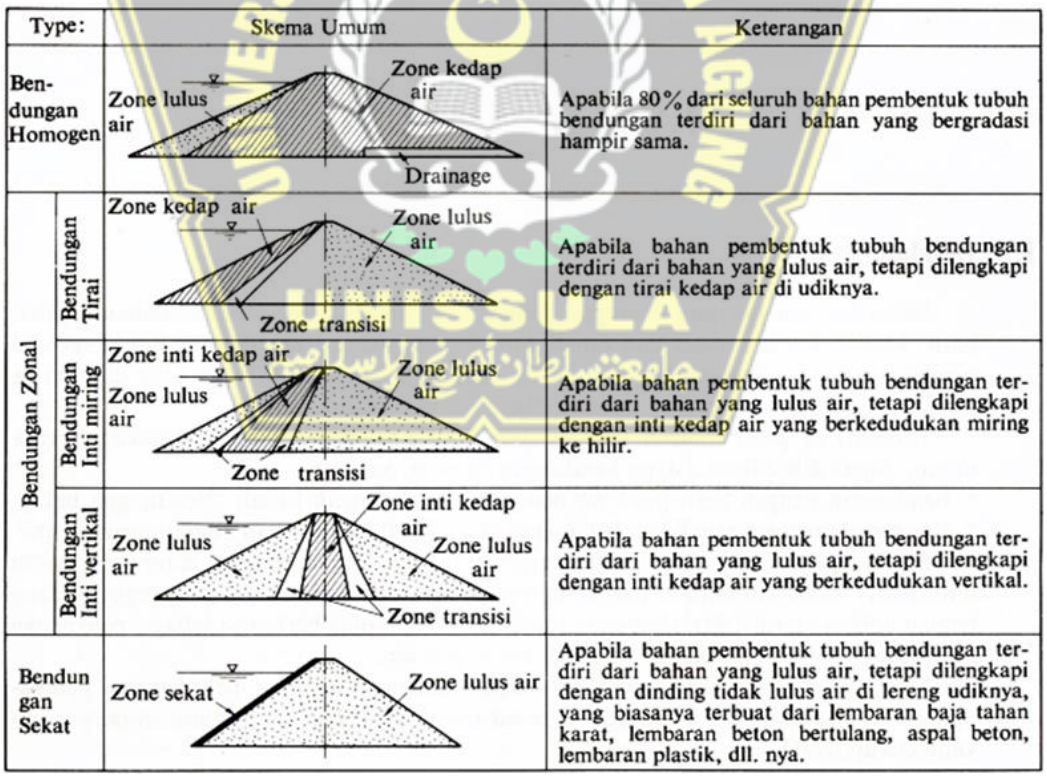
Bendungan berfungsi sebagai penahan laju dan penyimpanan air dalam waduk pada musim hujan saat air sungai memiliki debit yang besar dan melebihi kebutuhan untuk keperluan irigasi, air minum, industri dan lainnya yang nantinya akan dialirkan ke hilir sungai sesuai dengan kebutuhan dan pada waktu yang diperlukan.

Suatu bendungan dapat dipandang dari beberapa segi yang masing-masing menghasilkan tipe bendungan yang berbeda-beda. Dalam hal ini pembagian dari tipe bendungan dapat dilihat dari tujuh keadaan, yaitu: berdasarkan ukurannya, tujuan pembangunannya, penggunaannya, jalannya air, konstruksi, fungsinya dan menurut ICOLD (*The International Commission on Large Dams*).

Berdasarkan jenis material konstruksi bendungan terdapat 2 (dua) jenis bendungan, yaitu:

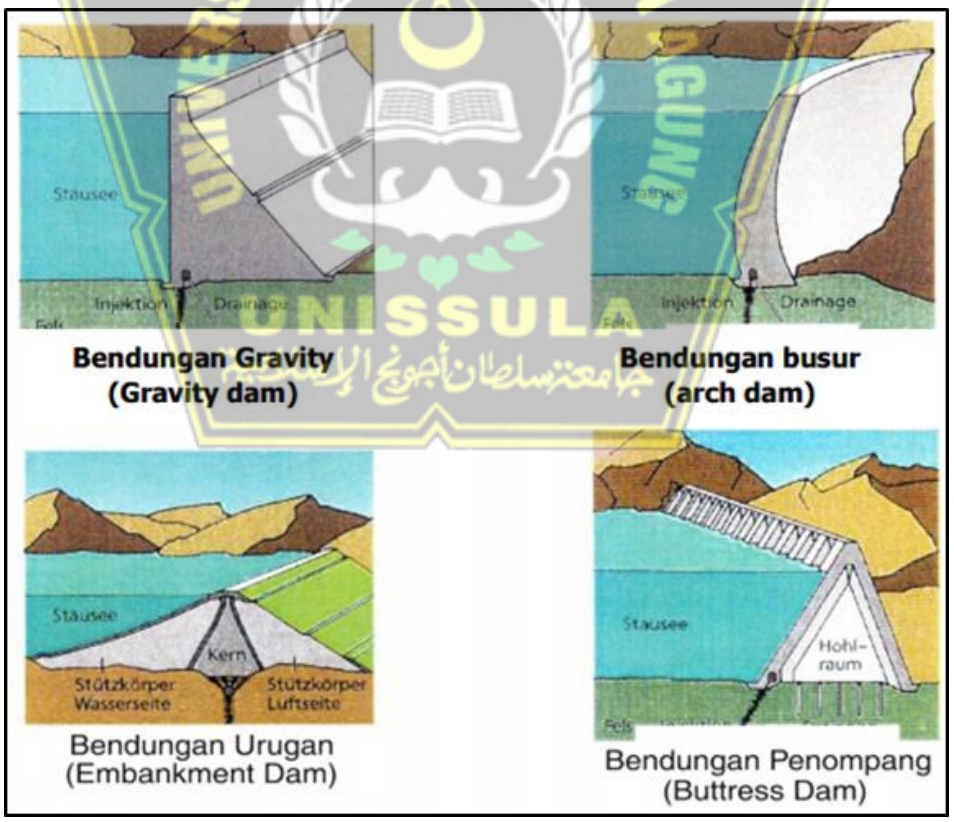
2.1.1.1. Bendungan urugan (*rock fill dam, embankment dam*) adalah bendungan yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) dengan pemadatan yang terdiri dari tanah, pasir, tanah liat maupun batu tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimiawi, jadi betul-betul bahan pembentuk bangunan asli. Secara umum bendungan urugan terbagi menjadi beberapa tipe, yaitu:

1. Bendungan urugan serba sama (*homogeneous dam*) merupakan penggunaan bahan yang membentuk tubuh bendungan tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan mempunyai gradasi hampir seragam.
2. Bendungan zonal merupakan penggunaan timbunan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urut-urutan pelapisan tertentu.



Gambar 2.1 Pengelompokan Bendungan Urugan
(Sumber: Sosrodarsono, 1977)

2.1.1.1. Bendungan beton (*concrete dam*) adalah suatu bendungan yang dibuat dengan campuran semen, pasir, kerikil baik dengan tulangan maupun tidak. Bentuk bendungan beton dirancang secara khusus agar dapat meneruskan beban kerja ke pondasi dalam bentuk beban tekan dan beban tarik diperkecil atau dihilangkan dengan cara merancang bentuk bendungan secara teliti. Terdapat beberapa jenis bendungan beton, yaitu: bendungan gaya berat (*gravity*) yang didesain memiliki stabilitas karena berat sendiri dan bentuknya; bendungan busur (*arch dam*) yang hanya dapat dibangun pada lembah yang sempit dimana dinding tumpuan mampu menahan beban yang bekerja pada lengkungan tubuh bendungan; bendungan penopang (*buttress*) merupakan yang paling sederhana dengan struktur berupa plat beton yang didukung setempat-setampat oleh penopang.



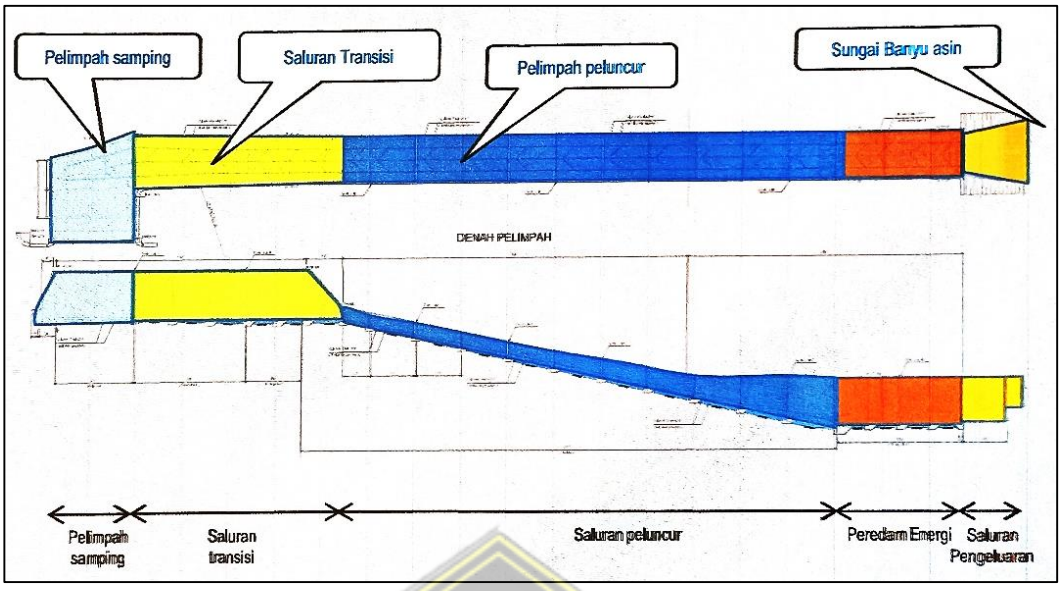
Gambar 2.2 Jenis-Jenis Bendungan
(Sumber: Modul Prinsip Perencanaan Bendungan, 2014)

2.2 Bengunan Pelimpah (*Spillway*)

Bangunan Pelimpah adalah sebuah struktur yang berada di bendungan berfungsi untuk mengendalikan pelepasan air dari bendungan menuju ke daerah hilir. Apabila terjadi kecepatan aliran air yang besar akan terjadi olakan (turbulensi) yang dapat mengganggu jalannya air sehingga menyebabkan berkurangnya aliran air yang masuk ke bangunan pelimpah. Kecepatan aliran harus dibatasi, tidak melebihi kecepatan kritisnya. Ukuran bangunan pelimpah harus dihitung dengan sebaik-baiknya, karena apabila dimensi pelimpah terlalu kecil ada resiko yaitu tidak mampu melimpahkan debit air banjir yang terjadi. Sebaliknya apabila ukurannya terlalu besar, bangunan akan menjadi mahal yang dapat mempengaruhi biaya proyek secara keseluruhan (Soedibyo. 2003:320).

Bangunan pelimpah memiliki berbagai *type* dan untuk menentukan *type* yang sesuai untuk bangunan pelimpah diperlukan studi yang luas dan mendalam sehingga mendapatkan bangunan pelimpah yang ekonomis. Bagian-bagian bangunan pelimpah terdiri dari :

1. Saluran pengarah aliran, berfungsi sebagai pengarah aliran agar kondisi hidrolika stabil.
2. Saluran pengatur aliran (mercu pelimpah), berfungsi sebagai pengatur debit air yang melintas pada bangunan pelimpah.
3. Saluran transisi, berfungsi sebagai pengatur debit banjir rencana yang dialirkan tidak menimbulkan air berhenti dibagian hilir saluran samping dan memberikan kondisi yang menguntungkan pada aliran didalam saluran transisi maupun aliran permulaan yang akan menuju saluran peluncur.
4. Saluran peluncur, berfungsi sebagai pengatur aliran air yang melimpah dari mercu dapat mengalir tanpa hambatan hidrolis.
5. Peredam energi, berfungsi sebagai meredusir energi aliran air dari saluran peluncur sehingga mencegah gerusan.



Gambar 2.3 Bagian-Bagian *Spillway*
(Sumber: Data Teknis Bendungan Randugunting)

2.3 Analisis Hidrologi

Analisis data hidrologi diperlukan untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit maksimum rancangan di sungai dengan periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas irigasi.

2.3.1 Metode Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Metode perhitungan yang digunakan untuk curah hujan rata-rata wilayah menggunakan catatan hujan lokal pada stasiun pengukur curah hujan. Metode ini menjumlahkan curah hujan dari semua stasiun pengukur curah hujan yang cukup banyak dalam satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya stasiun pengukur curah hujan yang digunakan. Rumusnya sebagai berikut :

2.3.1.1. Cara Hitung Rata-Rata

Rumus:

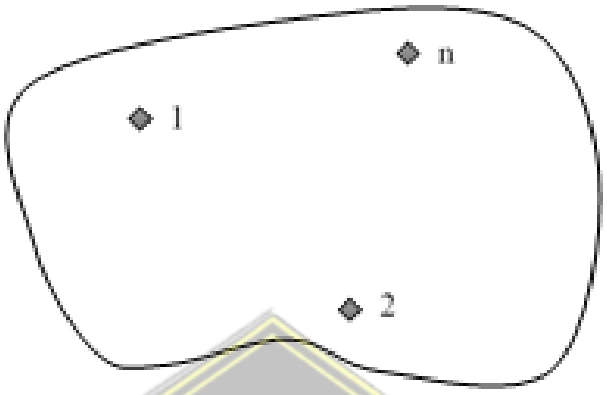
$$\overline{R} = \frac{R_1+R_2+R_3 \ldots +R_n}{n} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

$\overline{R}$ = curah hujan rata-rata (mm)

$R_1 \ldots R_n$ = besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

n = jumlah stasiun pengukuran curah hujan



Gambar 2.4 Ilustrasi Stasiun Curah Hujan Rata-Rata

2.3.1.2. Cara Poligon *Thiessen*

Rumus:

$$\overline{R} = \frac{A_1R_1+A_2R_2+A_3R_3 \ldots +A_nR_n}{A_1+A_2+A_3 \ldots +A_n} \quad \text{.....(2.2)}$$

$$\overline{R} = \frac{A_1R_1+A_2R_2+A_3R_3 \ldots +A_nR_n}{A} \quad \text{.....(2.3)}$$

$$\overline{R} = R_1Ci_1 + R_2Ci_2 + R_3Ci_3 \ldots + R_nCi_n \quad \text{.....(2.4)}$$

$$\overline{R} = \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{R} * \mathrm{Ci}) \quad \text{.....(2.5)}$$

$$\mathrm{Ci} = \frac{A}{\Sigma A} X\ 100\% \quad \text{.....(2.6)}$$

Dimana:

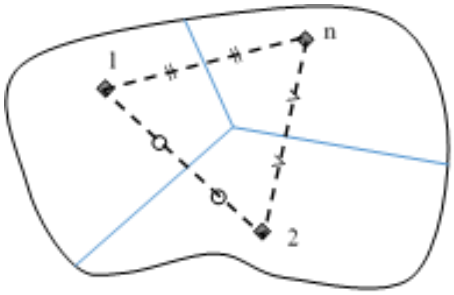
A = Luas area stasiun curah hujan

ΣA = Total luas area stasiun curah hujan

$\overline{R}$ = curah hujan rata-rata (mm)

$R_1 \ldots R_n$ = besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

$Ci_1 \ldots Ci_n$ = faktor bobot masing-masing stasiun yaitu % daerah pengaruh terhadap luas keseluruhan



Gambar 2.5 Ilustrasi Pembagian Daerah Dengan Poligon *Thiessen*

2.3.1.3. Cara *Isohyet*

Rumus:

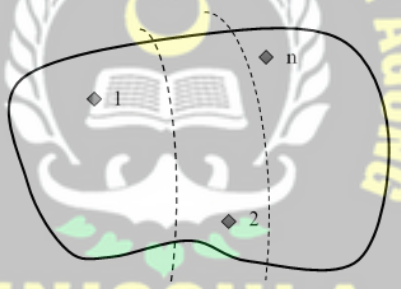
$$\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \frac{I_i+1}{2}}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \quad \text{.....(2.7)}$$

Dimana:

$\overline{p}$ = hujan rata-rata wilayah

Ii = garis *isohyet* ke-i, n, n+1

Ai = luas daerah yang dibatasi oleh garis *isohyet* ke i



Gambar 2.6 Ilustrasi Pembagian Daerah Dengan *Isohyet*

2.3.2 Analisis Distribusi Frekuensi

Dari curah hujan rata-rata pada stasiun pengukur curah hujan yang berada di daerah aliran sungai dianalisis secara statik untuk mendapatkan pola sebaran curah hujan yang cocok dengan pola sebaran curah hujan rata-rata.

2.3.2.1. Pengukuran Dispersi

Tidak semua varian dari variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, seperti kemungkinan terdapat nilai dengan varian yang lebih besar ataupun lebih kecil nilai rata-ratanya. Dispersi merupakan besaran derajat dari suatu sebaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Berikut cara pengukuran dispersi:

1. Standar Deviasi (S)

   Rumus :

   $$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2}{n}} \quad \text{.....(2.8)}$$

   Dimana :

   S = standar deviasi

   X_i = curah hujan pada stasiun pengukur ke-i (mm)

   $\overline{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

   N = jumlah data

2. Koefisien *Skewness* (CS)

   Rumus :

   $$C_S = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad \text{.....(2.9)}$$

   Dimana :

   C_S = koefisien *skewness*

   n = jumlah data

   $\overline{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

   X_i = curah hujan pada stasiun pengukur ke-i (mm)

   S = standar deviasi

3. Koefisien Kurtosis (CK)

   Rumus :

   $$C_K = \frac{n^2\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \quad \text{.....(2.10)}$$

   Dimana :

   C_K = koefisien kurtosis

   n = jumlah data

   $\overline{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

   X_i = curah hujan pada stasiun pengukur ke-i (mm)

   S = standar deviasi

4. Koefisien Variasi (CV)

   Rumus :

   $$C_V = \frac{S}{\overline{X}} \quad \text{.....(2.11)}$$

Dimana :

C_V = koefisien variasi

S = standar deviasi

$\overline{X}$ = curah hujan rata-rata (mm)

Dari nilai-nilai di atas dilakukan penentuan jenis distribusi yang dapat menentukan metode yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan perencanaan

2.3.2.2. Pemilihan Jenis Distribusi

Terdapat 4 jenis distribusi yang sering digunakan yaitu Normal, Log Normal, *Gumbel type I*, dan *Log Pearson type III*. Berikut syarat pemilihan jenis distribusi:

Tabel 2.1 Syarat-syarat Pemilihan Jenis Distribus

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	$C_S \approx 0$ $C_K = 3$
2	Log Normal	$C_S \approx 3Cv + Cv^2 = 3$ $C_K = 5{,}383$
3	*Gumbel type I*	$C_S \leq 1{,}1396$ $C_K \leq 5{,}4002$
4	*Log Pearson type III*	$C_S \neq 0$

Perhitungan curah hujan rencana merupakan perkiraan besarnya hujan pada periode ulang tertentu yang akan digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Dalam ilmu statistik terdapat beberapa macam distribusi frekuensi dalam bidang hidrologi yang dapat digunakan, yaitu:

1. Metode Distribusi Normal

Rumus :

$X_t = \overline{x} + K_t \times S$ .....(2.12)

Dimana :

X_t = curah hujan periode ulang (mm/hari)

$\overline{x}$ = curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

K_t = koefisien untuk distribusi normal (nilai variabel reduksi *gauss*)

S = standar deviasi

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0,00
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

(Sumber: Soewarno, 1995)

2. Metode Distribusi Log Normal

a. Nilai rata-rata ($\overline{LogX}$):

$$\overline{LogX} = \frac{\sum_{i=0}^{n} LogX_i}{n} \quad \text{.....(2.13)}$$

b. Standar deviasi (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(LogX_i - \overline{LogX})^2}{n-1}} \quad \text{.....(2.14)}$$

c. Curah hujan rencana periode ulang T tahun:

$$LogX_t = \overline{LogX} + K \times S \quad \text{.....(2.15)}$$

Dimana:

$\overline{X}$ = curah hujan rata-rata

X_i = curah hujan pada stasiun pengukur

n = jumlah tahun pengamatan data

K = koefisien dari normal log

Tabel 2.3 Standar Variabel Kt

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
1	-1,86	20	1,89	90	3,34
2	-0,22	25	2,10	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,70
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	4,09
12	1,43	75	3,60	200	4,14
13	1,50	80	3,21	221	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33
15	1,63	90	3,33	260	4,42

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.4 Koefisien Variasi Metode Sebaran Log Normal

Cv	Periode Ulang Tahun					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-2,5000	0,8334	12,965	16,863	21,341	24,370
0,1000	-0,0496	0,8222	13,078	17,247	22,130	25,489
0,1500	-0,0738	0,8085	13,156	17,598	22,899	26,607
0,2000	-0,0971	0,7926	13,200	17,911	23,640	27,716
0,2500	-0,1194	0,7748	13,209	18,183	24,348	28,805
0,3000	-0,1406	0,7547	13,183	18,414	25,316	29,866
0,3500	-0,1604	0,7333	13,126	18,602	25,638	30,890
0,4000	-0,1788	0,7100	13,307	18,746	26,212	31,870
0,4500	-0,1957	0,6870	12,920	18,848	26,734	32,109
0,5000	-0,2111	0,6626	12,778	18,909	27,202	33,673
0,5500	-0,2251	0,6129	12,513	18,931	27,615	34,488
0,6000	-0,2375	0,5879	12,428	18,916	27,974	35,241
0,6500	-0,2485	0,5879	12,226	18,866	28,279	35,930
0,7000	-0,2582	0,5631	12,011	18,786	28,532	36,568
0,7500	-0,2667	0,5387	11,784	18,577	28,735	37,118
0,8000	-0,2739	0,5148	11,548	18,543	28,891	37,617
0,8500	-0,2801	0,4914	11,306	18,388	29,002	38,056
0,9000	-0,2852	0,4886	11,060	18,212	29,071	38,437
0,9500	-0,2895	0,4466	10,810	18,021	29,102	38,762
10,000	-0,2929	0,4254	10,560	17,815	29,098	39,036

(Sumber: Soewarno, 1995)

3. Metode Distribusi *Gumbel type I*

Rumus:

$$X_t = \overline{x} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \times S \quad \text{.....(2.16)}$$

Dimana:

X_t = curah hujan rencana dalam periode ulang T tahun (mm)

$\overline{x}$ = curah hujan maksimum rata-rata (mm)

Y_t = *reduced variable*, nilainya dari periode ulang T

Y_n = *reduced mean*, nilainya tergantung dari jumlah data (n)

S_n = *reduced standard deviasi*, nilainya tergantung dari jumlah data (n)

S = Standar deviasi

Tabel 2.5 *Reduced Variable* (Y_t)

Periode Ulang	*Reduced Variate*
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 2.6 *Reduced Mean* (Y_n) dan *Reduced Standard Deviasi* (S_n)

Sampel	Yn	Sn	Sampel	Yn	Sn	Sampel	Yn	Sn
10	0,4952	0,9496	41	0,544	1,1436	72	0,56	1,187
11	0,4996	0,9676	42	0,545	1,1458	73	0,56	1,188
12	0,504	0,9833	43	0,545	1,148	74	0,56	1,189
13	0,5035	0,9971	44	0,546	1,1499	75	0,56	1,19
14	0,51	1,0095	45	0,546	1,1519	76	0,56	1,191
15	0,5128	1,0206	46	0,547	1,1538	77	0,56	1,192
16	0,5157	1,0316	47	0,547	1,1557	78	0,56	1,192
17	0,5181	1,0411	48	0,548	1,1574	79	0,56	1,193
18	0,5202	1,0493	49	0,548	1,159	80	0,56	1,194
19	0,522	1,0565	50	0,549	1,1607	81	0,56	1,195
20	0,5236	1,0628	51	0,549	1,1623	82	0,57	1,195
21	0,5252	1,0696	52	0,549	1,1638	83	0,56	1,196
22	0,5268	1,0754	53	0,55	1,1658	84	0,56	1,197
23	0,5283	1,0811	54	0,55	1,1667	85	0,56	1,197
24	0,5296	1,0864	55	0,55	1,1181	86	0,56	1,199
25	0,5309	1,0915	56	0,551	1,1696	87	0,56	1,199
26	0,532	1,0861	57	0,551	1,1708	88	0,56	1,199
27	0,5332	1,1004	58	0,552	1,1721	89	0,56	1,2
28	0,5343	1,1047	59	0,552	1,1734	92	0,56	1,202
29	0,5353	1,1086	60	0,552	1,1747	93	0,56	1,203
30	0,5362	1,1124	61	0,553	1,1759	94	0,56	1,203
31	0,5371	1,1159	62	0,553	1,177	95	0,56	1,204
32	0,538	1,1193	63	0,553	1,1782	96	0,56	1,204
33	0,5388	1,1226	64	0,554	1,1793	97	0,56	1,205
34	0,5396	1,1255	65	0,554	1,1803	98	0,56	1,206
35	0,5402	1,1287	66	0,554	1,1814	99	0,56	1,206
36	0,541	1,1313	67	0,554	1,1824	100	0,56	1,207
37	0,5418	1,1339	68	0,555	1,1834			
38	0,5424	1,1363	69	0,555	1,1844			
39	0,543	1,1388	70	0,555	1,1854			
40	0,5436	1,1413	71	0,552	1,1854			

(Sumber: Suripin, 2004)

4. Metode Distribusi *Log Pearson type III*

   a. Nilai rata-rata ($\overline{LogX}$):

   $$\overline{LogX} = \frac{\sum_{i=0}^{n} LogX_i}{n} \quad \text{.....(2.17)}$$

   b. Standar deviasi (*S*):

   $$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(LogX_i - \overline{LogX})^2}{n-1}} \quad \text{.....(2.18)}$$

   c. Koefisien *Skewness* (C_S):

   $$C_S = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\left(LogX_i - \overline{LogX}\right)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad \text{.....(2.19)}$$

   d. Curah hujan rencana periode ulang T tahun:

   $$LogX_t = \overline{LogX} + K \times S \quad \text{.....(2.20)}$$

Dimana:

$\overline{X}$ = curah hujan rata-rata

X_i = curah hujan pada stasiun pengukur

n = jumlah tahun pengamatan data

K = koefisien dari *log pearson tipe III*

Tabel 2.7 Nilai K untuk Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

Koefisien Kemencengan	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Probabilitas							
	50%	20%	10%	4%	2%	1%	0,5%	0,1%
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,193	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,163	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,128	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,087	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,430	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1.333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,10
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0.017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,166	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.3.2.3. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi digunakan untuk menentukan kecocokan antara distribusi frekuensi sampel dan distribusi peluang yang telah dipilih. Untuk mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian dengan metode yang sering digunakan adalah uji *Chi-Kuadrat* dan *Smimov- Kolmogorov*.

1. Chi-Kuadrat
   a. Koefisien Kurtosis (G)

      G = $1 + 3{,}322\ Log\ n$ .....(2.21)

   b. Derajat Kebebasan (DK)

      DK = $G - (P + 1)$ .....(2.22)

      Dimana:

      Nilai P = 2 (distribusi normal dan binominal)

      Nilai P = 1 (distribusi *poisson* dan *gumbel*)

   c. Nilai E_i

      E_i = $\frac{n}{G}$ .....(2.23)

   d. Perhitungan *Chi-Kuadrat*:

      X_h^2 = $\sum_{i=1}^{G} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ .....(2.24)

      Dimana:

      X_h^2 = parameter *Chi-Kuadrat* terhitung

      G = koefisien kurtosis

      O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

      E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Tabel 2.8 Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi-Kuadrat*

Dk	Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,492	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,161	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,92
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	15,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: CD Soemarto, 1999)

2. *Smimov-Kolmogorov*

Terdapat prosedur pelaksanaanya yaitu sebagai berikut:

a. Mengurutkan data dari yang terbesar ke terkecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang tak terlampaui dari masing-masing data tersebut.

Rumus:

P(x) = $\frac{m}{n+1}$ .....(2.25)

Dimana:

m = nomor urut kejadian

n = jumlah data

Dengan ketentuan:

X_1 = P(X_1)

X_2 = P(X_2)

X_3 = P(X_3)

X_m = P(X_m)

b. Mengurutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran dari data yang dimiliki (persamaan distribusinya).

Rumus:

Sebaran frekuensi komulatif berdasar sampel

P' (x) = $F(t) = 1 - t$ .....(2.26)

Nilai unit variabel normal

F(t) = $\frac{X_i - X_{rt}}{S}$.....(2.27)

Dimana:

X_i = curah hujan ke-i

X_{rt} = curah hujan rata-rata

Dengan ketentuan:

X_1 = P'(X_1)

X_2 = P'(X_2)

X_3 = P'(X_3)

X_m = P'(X_m)

c. Dari kedua nilai peluang tersebut, menentukan selisih persebaran antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

Rumus:

Dmax = $[P(X_m) - P'(X_m)]$ .....(2.28)

d. Menentukan harga D_0 berdasarkan tabel nilai kritis.

Tabel 2.9 Nilai Kritis D_0 untuk Uji *Sminov-Kolmogorov*

N	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N>50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

(Sumber: Bonnier, 1980 dalam Soewarno, 1995)

2.3.3 Pengukuran Curah Hujan Rencana

Pengukuran curah hujan rencana bertujuan untuk mendapatkan curah hujan periode ulang tertentu yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Dalam perhitungannya menggunakan pemilihan distribusi frekuensi.

2.3.4 Intensitas Curah Hujan

Analisis intensitas curah hujan dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa sebelumnya. Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode Dr. Mononobone, sebagai berikut:

Rumus:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t}\right]^{2/3} \quad \text{.....(2.29)}$$

Dimana:

I = intesitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = waktu, lamanya hujan (jam)

2.3.5 Debit Banjir Rencana

2.3.5.1. Metode hidrograf satuan sintetik *nakayasu*

Perhitungan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) *Nakayasu* merupakan salah satu cara mendapatkan hidrograf banjir rencana pada DAS.

Rumus:

$$Q_p = \frac{A \times R_O}{3{,}6(0{,}3\ tp + T_{0,3})} \quad \text{.....(2.30)}$$

Dimana:

Q_p = debit puncak banjir (m^3/s)

A = luas DAS (km^2)

R_O = hujan satuan (mm)

tp = tenggang waktu dari awal hujan hingga puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak (jam)

2.3.5.2. Persamaan hidrograf satuan

Rumus:

1. Pada kurva naik (*rising limb*), untuk $0 \leq t \leq tp$ digunakan persamaan:

$$Q_t = Q_{max}\left(\frac{t}{tp}\right)^{2,4} \quad \text{.....(2.31)}$$

Dimana:

Q_t = unsur aliran sebelum mencapai debit puncak (m^3/s)

t = waktu (jam)

2. Pada kurva turun (*recission limb*), untuk $tp \leq t \leq (tp + T_{0,3})$ digunakan persamaan:

$$Q_t = Q_{max} \times 0,3^{\frac{t-tp}{T_{0,3}}} \quad \text{.....(2.32)}$$

3. Untuk $(tp + T_{0,3}) \leq t \leq (tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3})$, digunakan persamaan :

$$Q_t = Q_{max} \times 0,3^{\frac{t-tp+0,5\ T0,3}{1,5\ T_{0,3}}} \quad \text{.....(2.33)}$$

4. Untuk $t \geq (tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3})$, digunakan persamaan:

$$Q_t = Q_{max} \times 0,3^{\frac{t-tp+0,5\ T0,3}{2\ T_{0,3}}} \quad \text{.....(2.34)}$$

5. Terdapat unsur-unsur waktu untuk perhitungan debit pada HSS *Nakayasu*:

$tp = t_g + 0,8t_r$ .....(2.35)

$t_{0,3} = \alpha \times t_g$ .....(2.36)

Dimana:

t_g = waktu konsentrasi (jam)

t_r = waktu curah hujan (0,5 tg s/d tg)

α = parameter hidrograf

2.3.5.3. Hidrograf banjir *nakayasu*

Untuk memperoleh nilai debit banjir, diambil dari debit terbesar dari hasil perkalian antara nilai hidrograf satuan dan intensitas curah hujan .

Rumus:

$$Q_K = U_1 R_i + U_2 R_{i+1} + U_3 R_{i+2} \ldots + U_n R_n \quad \text{.....(2.37)}$$

Dimana:

U_n : Nilai hidrograf satuan untuk jam ke-n (jam)

R_n : Nilai curah hujan untuk jam ke-n

2.3.6 Pemilihan Kala Ulang Banjir Rencana

Kala ulang rencana harus diperhatikan dalam mendesain suatu bangunan. Pemilihan besarnya kala ulang banjir rancangan untuk setiap jenis bangunan tidak terdapat kriteria dan pedoman yang definitif. Kala ulang tersebut harus dapat menghasilkan rancangan yang efektif dan ekonomis.

Rumus:

$$R_t = 1 - (1 - \left(\frac{1}{T}\right)^L \quad \text{.....(2.38)}$$

Dimana:

R_t = resiko kegagalan

T = kala ulang (tahun)

L = umur bangunan (tahun)

2.3.7 Analisa *Probable Maksimum Precipitation* (PMP)

2.3.7.1. Analisa Nilai *Probable Maksimum Precipitation* (PMP)

X_{PMP} = Xm * 1,13 ..... (2.39)

Xm = Xn + Km*Sn ..... (2.40)

Keterangan:

Km = *Variable Statistic*

Sn = Standar Deviasi

Xm = Curah Hujan maksimum yang mungkin terjadi (mm)

Xn = Rerata Curah hujan (mm)

1.13 = Faktor Interfal Pengamatan

A = Luas DAS (km^2)

2.3.7.2. Analisa *Probable Maksimum Precipitation* I (PMP I)

$$\bar{X}r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X}{n} \quad (2.41)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X-\bar{X})^2}{n-1} \quad (2.42)$$

$$S_{(Xr)} = \sqrt{S^2} \quad (2.43)$$

Keterangan:

n = Jumlah Data Tinjauan (Tahun)

$\bar{X}r$ = Rerata curah hujan (mm)

$S_{(Xr)}$ = Standar deviasi PMP I

2.3.7.3. Analisa *Probable Maksimum Precipitation* II (PMP II)

$n_{(Xr-m)}$ = n -1 ..... (2.44)

$\Sigma Xr\text{-}m = \Sigma Xr - Xr_{max}$ ..... (2.45)

$$\bar{X}r\text{-}m = \frac{\Sigma Xr-m}{n-1} \quad (2.46)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} ((Xr-m) - (\bar{X}r-m))^2}{n(Xr-1)-1} \quad (2.47)$$

$$S_{(Xr-m)} = \sqrt{S^2} \quad (2.48)$$

Keterangan:

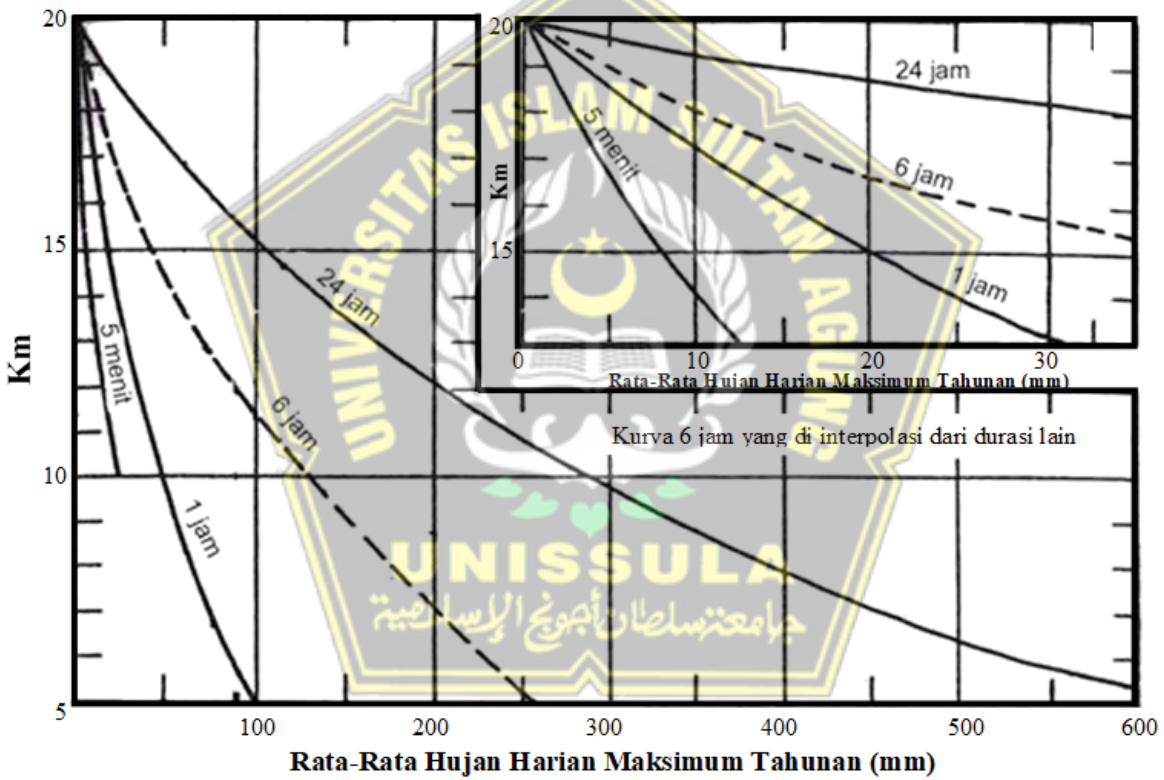
Xr_{max} = Curah hujan maksimum tertinggi (mm)

ΣXr = Jumlah curah hujan (mm)

$S_{(Xr-m)}$ = Standar Deviasi PMP II

2.3.7.4. Analisa Nilai *Variable Statistic* (Km)

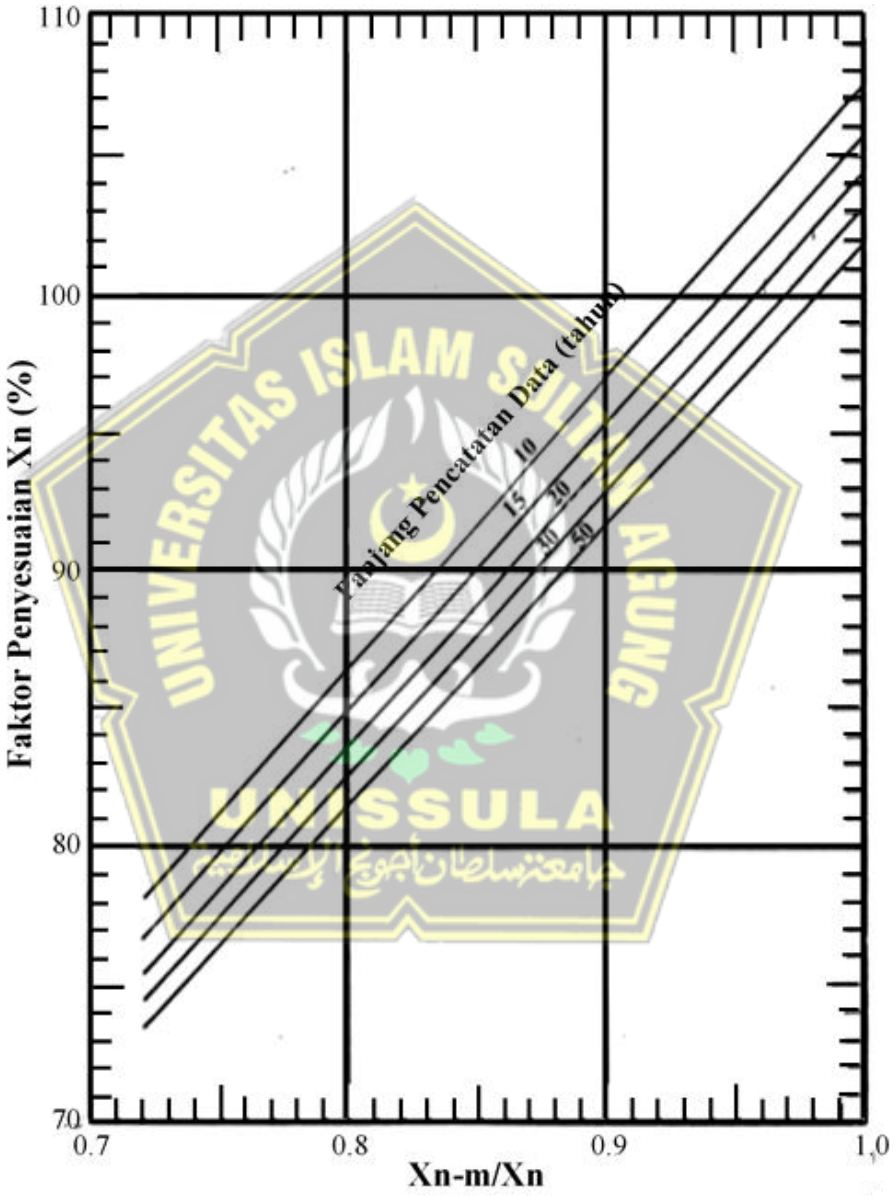
Nilai faktor frekuensi/*variable statistic* (Km) bergantung pada besarnya rerata curah hujan harian maksimum dan lama distribusi hujannya. Dari grafik nilai *variable statistik* (Km).



Gambar 2.7 Grafik Nilai *Variable Statistic* (Km)
(Sumber: RSNI T-02-2004)

2.3.7.5. Analisa Nilai Faktor Penyesuaian Xn (f_1)

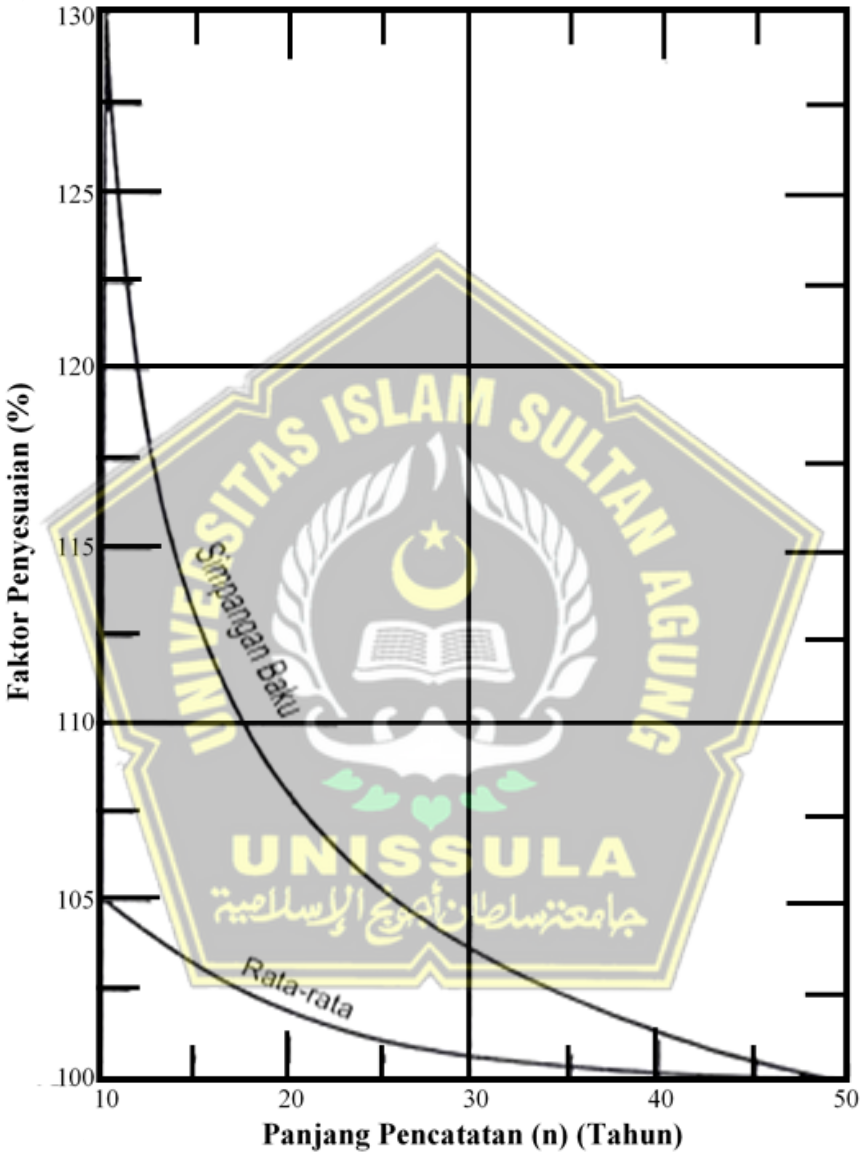
Nilai faktor penyesuaian Xn (f_1) dipengaruhi oleh besarnya jumlah tahun yang ditinjau (n) dan pembagian antara hasil pengurangan dari total curah hujan tertinggi (ΣXr) dengan curah hujan maksimum tertinggi (Xr_{max}), kemudian dibagi rerata curah hujan yang terjadi ($\bar{X}r$).



Gambar 2.8 Faktor Penyesuaian Rerata Terhadap Pengamatan Maksimum (Sumber: RSNI T-02-2004)

2.3.7.6. Analisa Faktor Penyesuaian Standar Deviasi (Sn) (f_2)

Nilai faktor penyesuaian standar deviasi Sn (f_2) dipengaruhi oleh besarnya jumlah tahun yang ditinjau (n) dan pembagian antara hasil standar deviasi baru setelah data curah hujan maksimum tertinggi dihilangkan (S(Xr-m)), kemudian dibagi standar deviasi awal (S(Xr)).



Gambar 2.9 Faktor Penyesuaian Standar Deviasi
(Sumber: RSNI T-02-2004)

2.3.7.7. Analisa Faktor Reduksi (F)

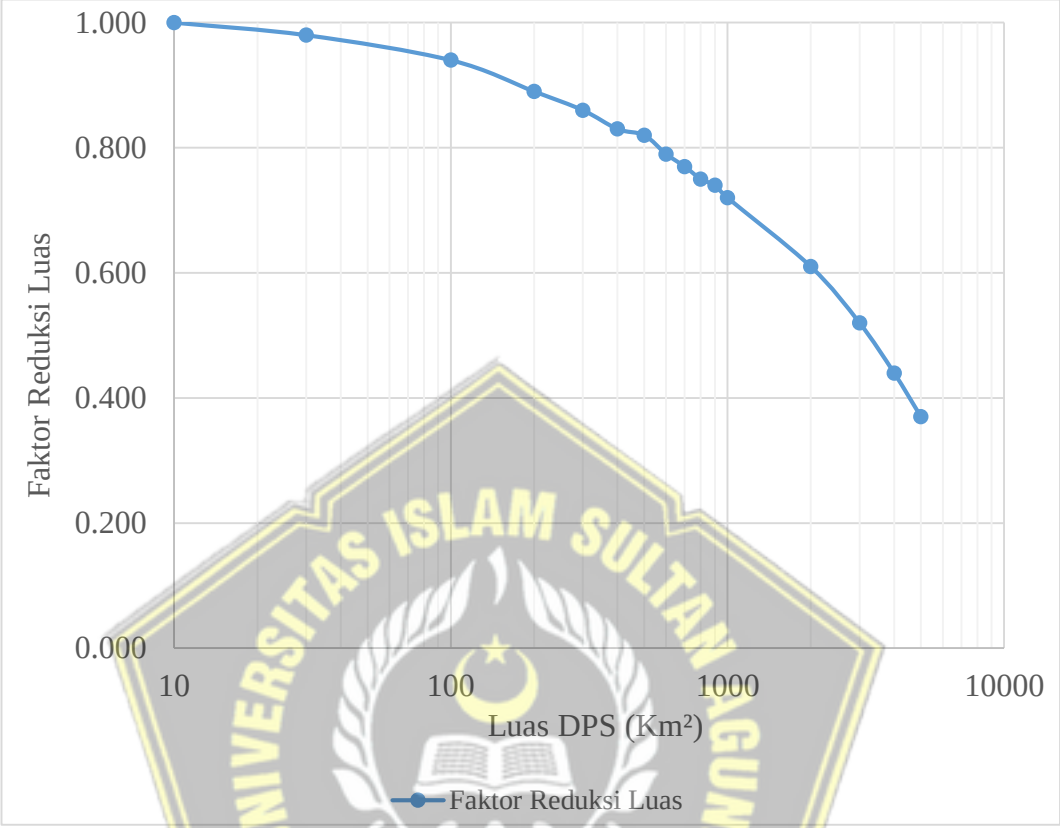
Faktor reduksi luasan suatu DAS dapat dilihat dari tabel 2.10. Apabila faktor reduksi luasan tidak terdapat pada tabel maka dapat dicari menggunakan interpolasi.

Tabel 2.10 Faktor Reduksi Luas

No	Luas DAS km²	Faktor Reduksi Luas
1	10	1
2	30	0,98
3	100	0,94
4	200	0,89
5	300	0,86
6	400	0,83
7	500	0,82
8	600	0,79
9	700	0,77
10	800	0,75
11	900	0,74
12	1000	0,72
13	2000	0,61
14	3000	0,52
15	4000	0,44
16	5000	0,37

(Sumber: Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume II (Analisa Hidrologi))

Selain melalui perhitungan interpolasi faktor reduksi luasan DAS juga dapat diperoleh dengan menghubungkan grafik faktor luasan dengan luasan DAS pada gambar 2.10.

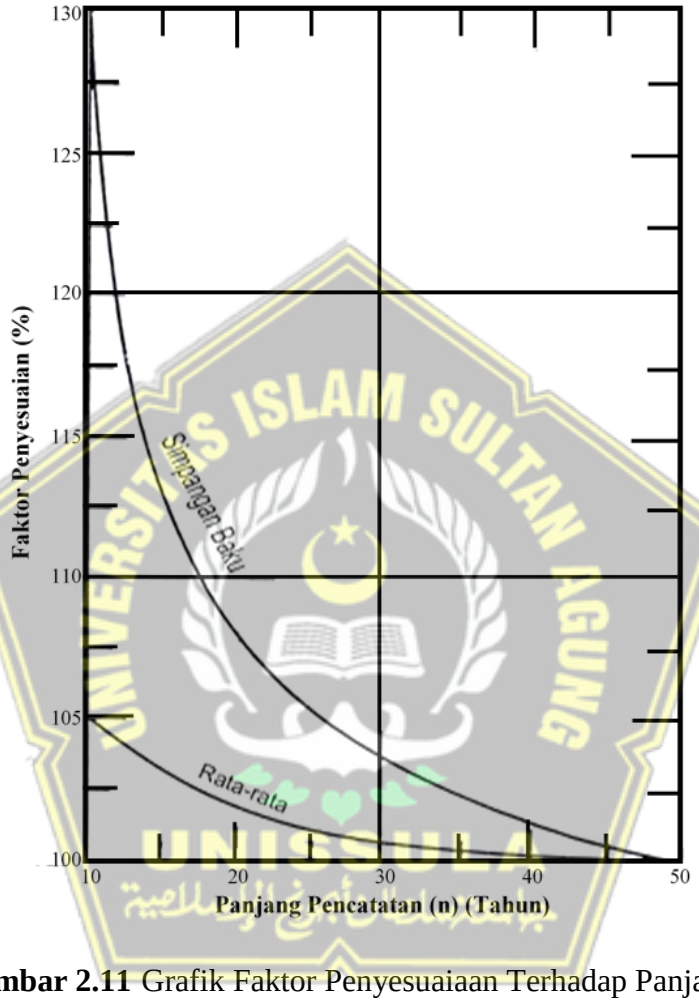


Gambar 2.10 Kurva Faktor Reduksi Luas
(Sumber: Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume II (Analisa Hidrologi))

Cara mendapatkan faktor reduksi luasan melalui grafik adalah dengan membuat garis lurus arah vertikal dari luas area DAS hingga menyinggung garis lengkung lalu tarik garis horizontal kearah kiri.

2.3.7.8. Analisa Nilai Faktor Penyesuaian Panjang Data

Faktor Penyesuaian (Xr) terhadap n dinotasikan dengan (f_3) dan faktor penyesuaian (Simpangan Baku) terhadap n dinotasikan dengan (f_4) didapat dari grafik hubungan jumlah data atau panjang data pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Grafik Faktor Penyesuaiaan Terhadap Panjang Data
(Sumber: RSNI T-02-2004)

2.3.7.9. Analisa Luasan Terkoreksi (Xn)

Xn Terkoreksi = $\bar{X}r * f_1 * f_3$ .....(2.49)

Keterangan:

$\bar{X}r$ = Curah hujan (mm)

Xn = Xn Terkoreksi (mm)

f_1 = Faktor Penyesuaian $\bar{X}r$ (Gambar 2.8)

f_3 = Faktor Penyesuaian $\bar{X}r$ (Gambar 2.11)

2.3.7.10. Analisa Standar Deviasi Terkoreksi (Sn)

Sn Terkoreksi = $S_{(Xr)} * f_2 * f_4$ .....(2.50)

Keterangan:

$S_{(Xr)}$ = standar deviasi

f_2 = Faktor Penyesuaian Sn (Gambar 2.9)

f_4 = Faktor Penyesuaian Sn (Gambar 2.11)

2.3.8 Analisa *Base Flow*

Debit aliran dasar (*base flow*) merupakan bagian curah hujan yang masuk kedalam tanah menajadi air tanah dan merembes masuk ke dalam sungai.

2.3.8.1. Kerapatan Jaringan Kuras (D)

$$D = \frac{Lt}{A} \quad \text{.....(2.51)}$$

Keterangan:

D = Kerapatan Jaringan Kuras (km/km²)

Lt = Panjang Sungai Semua Tingkat (km)

A = Luasan DAS (km²)

2.3.8.2. *Base Flow* (QB)

$QB = 0{,}4751 * A^{0.6444} * D^{0.9430}$ .....(2.52)

Keterangan:

QB = Aliran dasar/ *base flow* (m³/dt)

D = Kerapatan jaringan kuras (km/km²)

A = Luasan DAS (km²)

2.3.9 Analisa Kapasitas Tampungan Bendungan

Rumus yang digunakan dalam perhitungan analisa kapasitas tampungan waduk Randugunting sebagai berikut:

$$V = \frac{F_i + F_{i+1}}{2} X (h_{i+1} - h_i) \quad \text{.....(2.53)}$$

I = V komulatif .....(2.54)

$$I = \sum \left[\frac{(F_i + F_{i+1})}{2} X (h_{i+1} - h_i) \right] \quad \text{.....(2.55)}$$

Keterangan:

I = Kapasitas tampungan waduk (m^3)

V = Volume tampungan (m^3)

F_1 = Luas daerah h_1 (m^2)

F_{i+1} = Luas daerah h_{1+1} (m^2)

hi = Keliling wilayah dengan elevasi I (m)

h_{i+1} = Keliling wilayah dengan elevasi i+1 (m)

2.3.10 Koefisien Pengairan

$$C = \frac{A1*C1+A2*C2+A3*C3+\cdots+Ai*Ci}{A1+A2+A3+\cdots+Ai} \quad \text{.....(2.56)}$$

$$C = \frac{\sum_{n=1}^{i} A*C}{\sum A} \quad \text{.....(2.57)}$$

Keterangan:

A = Luas daerah berdasarkan penggunaan lahan

C = Koefisien pengaliran

Nilai koefisien pengaliran berdasarkan pembagian penggunaan lahan didapat dari tabel 2.11.

Tabel 2.11 Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Daerah Aliran Sungai	Koefisien Pengairan (C)
1	Daerah Pegunungan dengan Lereng terjal dan curam	0,75 - 0,90
2	Daerah perbukitan tersier	0,70 - 0,80
3	Daerah bergelombang dengan hutan yang dipenuhi semak-semak	0,50 - 0,75
4	Daerah daratan yang ditanami / Perkebunan	0,45 - 0,60
5	Daerah Persawahan yang dialiri/ terdapat saluran irigasi	0,70 - 0,80
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
7	Sungai kecil di wilayah daratan	0,45 - 0,75
8	Sungai besar dengan wilayah pengairan yang lebih dari seperduanya berupa daratan	0,50 - 0,75

(Sumber: CD Soemarto, 1999)

2.3.11 Analisis Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

2.3.11.1. Penelusuran banjir (*flood routing*)

Penelusuran banjir (*flood routing*) adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui di sebelah hulu (Triatmodjo, 2009).

Penelusuran banjir dilakukan untuk perkiraan pola banjir pada bagian hilir yang berdasarkan pola banjir bagian hulu sebagai pengendalian banjir. Persamaan kontinyuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir sebagai berikut:

I-D = $\frac{dS}{dt}$ .....(2.58)

Dimana:

I = debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (bagian hulu) (m^3/s)

D = debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (bagian hilir) (m^3/s)

S = besarnya tampungan (*storage*) dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3)

dt = periode penelusuran (detik, jam atau hari)

2.3.11.2. Analisa Koefisien Limpasan Debit

Koefisien limpasan tergantung pada tingi mercu dan tinggi limpasan debit yang melimpah diatas *spillway*.

Cd = Co * C1 * C2 .....(2.59)

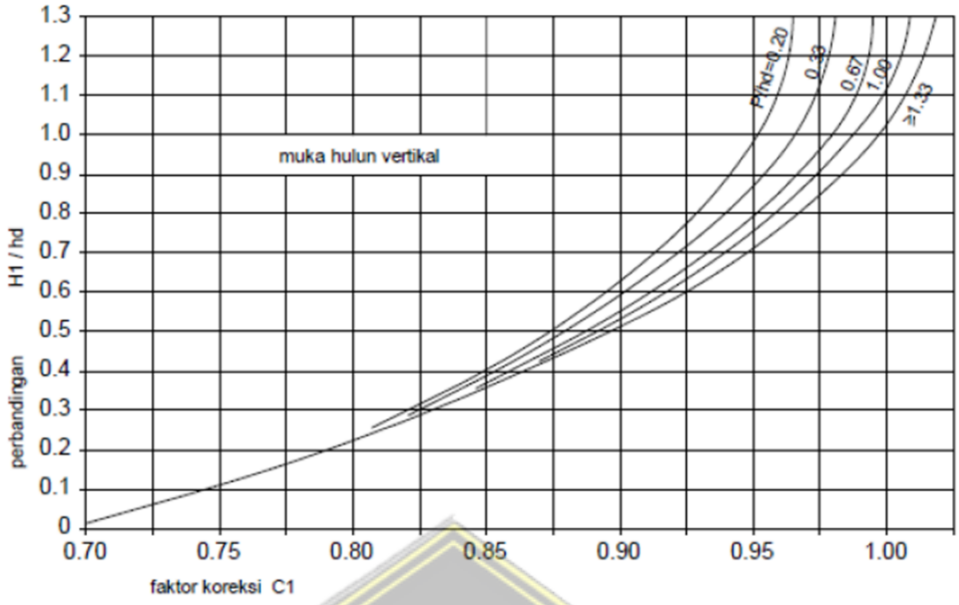
Keterangan:

Cd = Koefisien limpasan

Co = Konstabta (1,300)

C1 = Faktor Koreksi C1

C2 = Faktor Koreksi C2

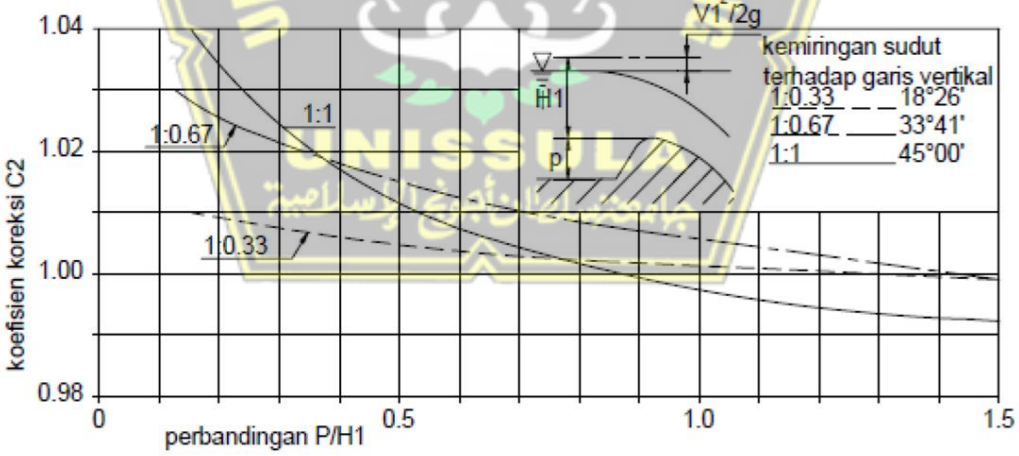


Gambar 2.12 Grafik Faktor Koreksi C1
(Sumber: Chow, 1959, berdasarkan data USBR dan WES)

Keterangan:

H_1 = Kedalaman saluran pelimpah (m)

hd = Ketinggian limpasan/*Head* (m)



Gambar 2.13 Grafik Faktor Koreksi C2
(Sumber: USBR, 1960)

Keterangan:

P = Kedalaman saluran pelimpah (m)

H1 = Ketinggian limpasan/*Head* (m)

2.4 Uji Kelayakan Data Curah Hujan

Dibeberapa data curah hujan didapati tidak merata dan konsisten. Penyebab data curah hujan yang didapat dari stasiun curah tidak konsisten diantaranya alat yang digunakan diganti dengan spesifikasi yang berbeda, perubahan lokasi alat, terjadi perubahan lingkungan yang ekstrim, ketelitian pembacaan alat, dan lain sebagainya.

Dikarenakan hal tersebut perlu dilakukan uji kelayakan data curah hujan yang akan dipergunakan untuk analisa debit banjir rencana. Pengujian dimaksutkan agar data memenui kriteria perencanaan yang konsisten dan homogen. Beberapa pengujian yang dilakukan diantaranya:

2.4.1 *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS)

Uji kelayakan data curah hujan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) untuk mengetahui konsistensi data menggunakan persamaan sebagai berikut:

$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{k} Y}{n}$ ..... (2.60)

$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} (yi-\bar{y})^2}{n}$ ..... (2.61)

$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} (Sk^*)^2}{n}$ ..... (2.62)

$Dy = \sqrt{Dy^2}$ ..... (2.63)

$Sk^* = (Y_i - \bar{Y})$ ..... (2.64)

$Sk^{**} = \frac{(Sk^*)^2}{Dy}$ ..... (2.65)

$Q = \max |Sk^{**}|$ ..... (2.66)

$R = \max |Sk^{**}| - \min |Sk^{**}|$ ..... (2.67)

Keterangan:

Dy : Simpangan rata-rata

Yi : Data hujan ke-i

$\bar{Y}$: Data hujan rerata-i

Sk^{**} : *Rescaled Adjusted Partial Sums*

R : $Range$

N : Jumlah data (tahun)

Untuk batasan nilai Q dan R yang dikemukakan oleh Buishand (1982) didapat dari tabel berikut ini:

Tabel 2.12 Nilai Q dan R

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
∞	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

(Sumber: Sri Harto Br, 2009)

2.4.2 Ambang Batas Outlier

2.4.2.1. Tujuan uji ambang batas outlier

Pemeriksaan adanya outlier pada seri data hujan dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Water Resource Council (1981). Menurut Water Resource Council, bila:

1. koefisien skew dari data sampel > 0.4 maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier atas,
2. koefisien skew dari data sampel < -0.4 maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier bawah,
3. -0.4 < koefisien skew < 0.4 maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier atas dan outlier bawah sekaligus sebelum menghilangkan data yang dipandang sebagai outlier.

Apabila dalam pemeriksaan diketahui terdapat outlier, maka data outlier harus dibuang sebelum seri data digunakan untuk analisis hidrologi lebih lanjut.

2.4.2.2. Ketentuan

1. Jika X_H lebih besar dari nilai RMaksimum maka data RMaksimum dapat digunakan, Namun bila X_H lebih kecil dari Rmaksimum maka Rmaksimum tidak dapat digunakan.

   XH > RMaksimum (Rmax Digunakan)

   XH < RMaksimum (Rmax Tidak Digunakan)

2. Jika X_L lebih kecil dari nilai Rminimum maka data RMinimum dapat digunakan, Namun bila X_L lebih besar dari Rminimum maka Rminimum tidak dapat digunakan.

   X_L < RMinimum (Rmin Digunakan)

   X_L > RMinimum (Rmin Tidak Digunakan)

2.4.2.3. Analisa perhitungan

1. persamaan frekuensi

   $Y_H = \bar{y} + K_n S_y$ .....(2.68)

   Keterangan:

   Y_H = Batas (threshold) dari outlier atas, dalam logaritma

   $\bar{y}$ = Rata-rata dari data dalam logaritma

   S_y = Simpangan baku dari data dalam logaritma

   K_n = Konstanta uji outlier

2. Log retata curah hujan (Log (R))

   X = Log (R) .....(2.69)

   $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X}{n}$ .....(2.70)

   $(Sk^*_n)^2 = (X_n - \bar{X})^2$ .....(2.71)

3. Standar deviasi (S)

   $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X}r)^2}{n-1}$ .....(2.72)

   $S = \sqrt{S^2}$ .....(2.73)

4. Harga ambang batas (Kn)

   X_H = exp(X+kn.S).....(2.74)

   X_L = exp(X-kn.S) .....(2.75)

   Keterangan:

X_H = Ambang batas atas

X_L = Ambang batas bawah

S_y = Simpangan baku

K_n = Konstanta uji outlier

Harga ambang batas (Kn) yang dipengaruhi oleh jumlah data dalam tahun yang ditinjau (n) dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Nilai Kn berdasarkan n

Sample Size n	Kn	Sample Size n	Kn	Sample Size n	Kn	Sample Size n	Kn
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,486	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,7	80	2,94
15	2,247	29	2,549	43	2,71	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,76	130	3,104
22	2,429	36	2,390	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

(Sumber: U.S Water Resources Council, 1981)

2.5 Analisis Hidrolika

2.5.1 Penelusuran Banjir Melalui Pelimpah

Untuk mendapatkan muka air banjir pada tubuh bendungan perlu dilakukan penelusuran banjir untuk menentukan debit *out flow* untuk

mendesain *spillway* dan tampungan banjir dalam bendungan (Soemarto, 1999). Data-data yang diperlukan pada penelusuran banjir lewat bendungan adalah:

1. Hubungan antara persamaan/kurva volume tampungan (S) dengan elevasi bendungan (H).
2. Hubungan antara persamaan/kurva debit keluaran (Q) dengan ketinggian (H).
3. Hubungan antara persamaan/kurva volume tampungan (S) dengan debit keluaran (Q).
4. Hidrograf *inflow*, I=I.
5. Nilai awal (t=0) dari tampungan (S), *inflow* (I), debit keluaran (Q).

Digunakan pelimpah (*spillway*) Tipe *Ogee* dengan elevasi dan volume berikut:

$$Q = C_d \times B \times H \quad \text{.....(2.76)}$$

Dimana:

Q = Debit keluar pada permulaan periode penelusuran

C_d = Koefisien debit bangunan pelimpah (1,7–2,2 m1/2/det)

B = Lebar bangunan ambang pelimpah (m)

H = Tinggi energi di atas ambang bangunan pelimpah (m)

2.5.2 Kapasitas Pengaliran Melalui Pelimpah

Rumus:

$$Q = C \times L \times H^{3/2} \quad \text{.....(2.77)}$$

Dimana:

Q = debit banjir rencana (m^3/det)

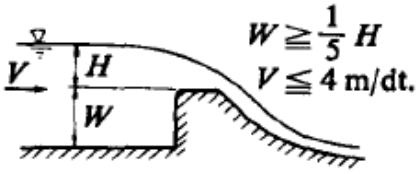
C = koefisien limpahan

L = lebar efektif mercu bendungan (m)

H = total tinggi tekanan air di atas bendung (m)

2.5.3 Analisa Perhitungan Lebar *Spillway*

Hubungan antara tinggi limpasan dengan tinggi pelimpah menurut Suyono Sorodarsono dalam bukunya “Bendungan *Type* Urugan” halaman 180.



Gambar 2.14 Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit Pelimpah (Sumber: Sosrodarsono, 1977)

W $\geq \frac{1}{5}$ * H.....(2.78)

Dimana W adalah P, maka:

P $\geq \frac{1}{5}$ * H.....(2.79)

Maka, V $\leq$ 4 m/dt

2.5.3.1. *Storage Function*

Analisa penelusuran volume tampungan (*Storage Function*) sebagai berikut:

Qo = Cd * B * H .....(2.80)

$Qo_{H=0,25}$ = Cd * B * $H^{\frac{3}{2}}$ .....(2.81)

α_2 = $\frac{2*S_2}{\Delta t}$ + Qo .....(2.82)

Ψ = $\frac{S}{dt} + \frac{Q_2}{2}$.....(2.83)

φ = $\frac{S}{dt} - \frac{Q_2}{2}$.....(2.84)

Keterangan:

t = Waktu

t = 1 jam

dt = 3600 detik

B = L = Lebar *spillway* (m)

S = *Storage* (m^3)

2.5.3.2. *Flood Routing*

Menurut Soedarsono pada bukunya yang berjudul Bangunan *Type* Urugan dijabarkan bahwa nilai koefisien limpasan dipengaruhi dari berbagai faktor diantaranya ketinggian air pada saluran pengarah, kemiringan lereng udik bendungan, *Head* atau ketinggian air diatas

bendungan, dan selisih elevasi pada saluran air yang direncanakan dengan saluran air. Dari parameter tersebut disimpulkan nilai koefisien berkisar antara 2.0-2.1.

$$Q = Cd * B * H^{\frac{3}{2}} \quad \text{.....(2.85)}$$

$$H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{Cd*B} \quad \text{.....(2.86)}$$

$$H = \left(\frac{Q}{Cd*B}\right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{.....(2.87)}$$

$$\beta_{1(t=1jam)} = \frac{2*S_1}{\Delta t} - Q_{t=1jam} \quad \text{.....(2.88)}$$

$$\alpha_2 = I_1 + I_2 + \beta_1 \quad \text{.....(2.89)}$$

Keterangan:

Q = Flood Routing (m^3/dt)

Cd = Koedisien limpasan (2.0-2.1)

H = Ketinggian limpasan/Head (m)

2.5.4 Panjang Efektif Bendung

Rumus:

$$L = L' - 2(N \times K_p + K_a) \times H_d \quad \text{.....(2.90)}$$

Dimana:

L = Lebar efektif pelimpah (m)

L' = Lebar pelimpah yang sesungguhnya (m)

H_d = Tinggi tekanan total diatas mercu (m)

N = Jumlah pilar-pilar diatas mercu pelimpah

K_p = Koefisien kontraksi pada pilar

K_a = Koefisien kontraksi pada dinding samping

2.5.5 Penentuan Tipe Pelimpah

Rumus:

$X^n = K \times H_d^{n-1} \times Y$ .....(2.91)

Dimana:

X,Y = koordinat profil mercu dengan titik awal pada titik tertinggi mercu

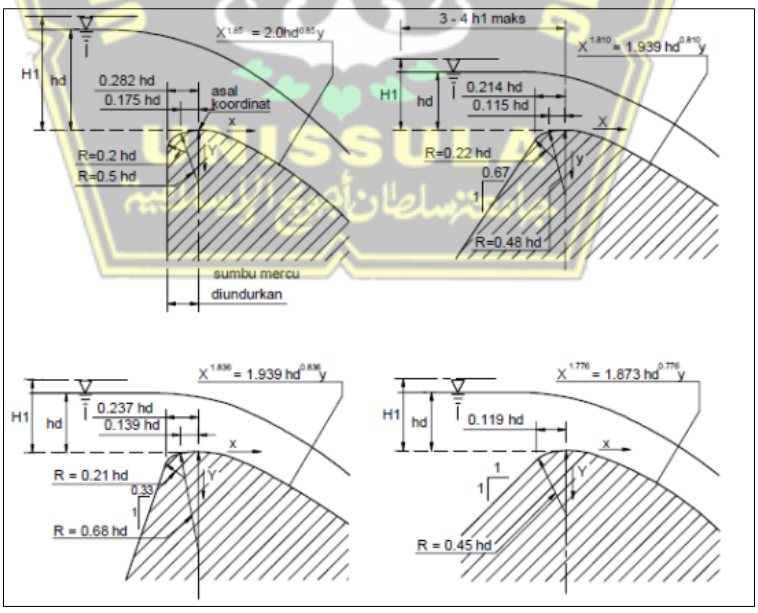
H_d = tinggi energi rencana di atas mercu

K,n = parameter yang tergantung pada kemiringan muka pelimpah bagian hulu

Tabel 2.14 Nilai K dan n

Kemiringan muka hulu	K	n
Tegak lurus	2,000	1,850
3 : 1	1,936	1,836
3 : 2	1,939	1,810
3 : 3	1,873	1,776

(Sumber: Chow, 1985:360)



Gambar 2.15 Bentuk-bentuk Pelimpah
(Sumber: Chow, 1985:360)

2.5.6 Saluran Transisi

Perhitungan saluran transisi dilakukan untuk perencanaan debit rencana banjir tidak menimbulkan air terhenti dibagian hilir. Saluran transisi diperlukan karena adanya perubahan bentuk penampang saluran pengatur dengan saluran peluncur.

Rumus:

$$(El_1) + d_e + \frac{V_e{}^2}{2g} = (El_2) + d_c + \frac{V_e{}^2}{2g} + \frac{K(V_e{}^2 - V_c{}^2)}{2g} + h_m \quad \text{.....(2.92)}$$

Dimana:

El_1 = Elevasi dasar ambang hilir

El_2 = Elevasi dasar ambang hulu

d_e = kedalaman aliran masuk ke dalam saluran transisi

v_e = kecepatan aliran masuk ke dalam saluran transisi

d_c = kedalaman kritis pada ujung hilir saluran transisi

v_c = kecepatan aliran kritis pada ujung hilir saluran transisi

K = koefisien kehilangan tinggi tekanan yang disebabkan oleh perubahan penampang lintang saluran transisi (0,1 - 0,2)

h_m = kehilangan total tinggi tekanan yang disebabkan oleh gesekan dan lain-lain

2.5.7 Saluran Peluncur

Saluran peluncur berfungsi untuk mengatur aliran air yang melimpah dari mercu agar mengalir secara lancar tanpa hambatan-hambatan hidrolis.

2.5.7.1. Saluran peluncur lurus

$$\text{Hi} = di + \frac{Vi^2}{2g} + hm \quad \text{.....(2.93)}$$

Dimana:

d_I = kedalaman aliran masuk ke dalam saluran peluncur

v_i = kecepatan aliran masuk ke dalam saluran peluncur

h_m = kehilangan total tinggi tekanan yang disebabkan oleh gesekan dan lain-lain

2.5.7.2. Saluran peluncur terompet

$$Hi = di + \frac{Vi^2}{2g} + K\frac{Vi^2 - Vi^2}{2g} + hm \quad \text{.....(2.94)}$$

Dimana:

d_I = kedalaman aliran masuk ke dalam saluran peluncur

v_i = kecepatan aliran masuk ke dalam saluran peluncur

K = koefisien kehilangan tinggi tekanan yang disebabkan oleh perubahan penampang lintang saluran transisi (0,1 - 0,2)

h_m = kehilangan total tinggi tekanan yang disebabkan oleh gesekan dan lain-lain

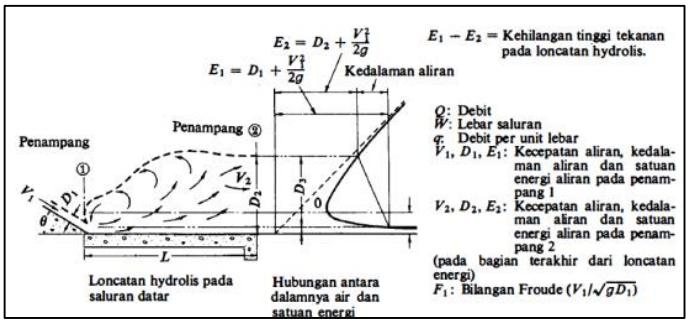
2.5.8 Bangunan Peredam Energi Bangunan Pelimpah

Bangunan peredam energi berfungsi sebagai mengurangi energi air dari saluran peluncur yang memiliki kecepatan aliran yang tinggi agar tidak menimbulkan penggerusan yang merusak struktur sekitar dan bagian hilir. Terdapat beberapa tipe bangunan peredam energi pada tipe bendungan urugan yang disesuaikan dengan kondisi topografi dan sistem kerja peredam energi yaitu sebagai berikut:

1. Kolam olakan (*stilling basin*)
2. Loncatan (*water jump*)
3. Bak pusaran (*roller bucket*)

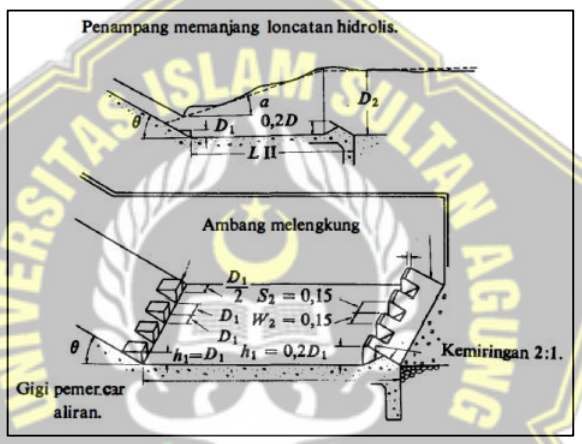
Pada bendungan Randugunting menggunakan bangunan peredam energi tipe kolam olakan. Tipe kolam olakan memiliki beberapa tipe yaitu kolam olakan datar, kolam olakan miring ke hilir dan kolam olakan miring ke udik. Pada perhitungan digunakan kolam olakan tipe datar yang memiliki 4 tipe yaitu tipe I sampai dengan tipe IV tergantung pada bilagan *Froude* dan bahan konstruksi kolam olakan.

1. Kolam olakan datar tipe I : debit spesifik q < 18,5 m2/detik dan bilangan *Froude* < 4,5



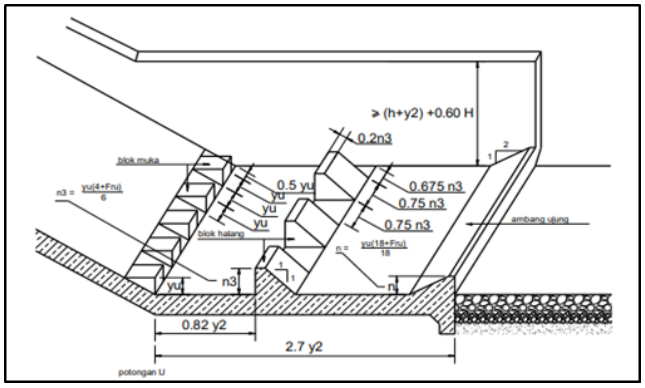
Gambar 2.16 Kolam olakan datar tipe I
(Sumber: Sosrodarsono, 1977)

2. Kolam olakan tipe II : debit spesifik q > 45 m2/detik dan bilangan *Froude* > 4,5



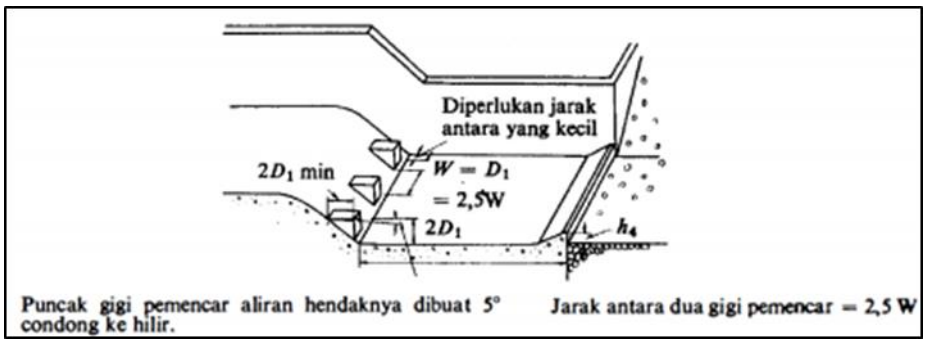
Gambar 2.17 Kolam olakan datar tipe II
(Sumber: Sosrodarsono, 1977)

3. Kolam olakan tipe III : debit spesifik q < 18,5 m2/detik dan bilangan *Froude* > 4,5



Gambar 2.18 Kolam olakan datar tipe III
(Sumber: Sosrodarsono, 1977)

4. Kolam olakan tipe IV : debit spesifik q > 18,5 m2/detik dan bilangan Froude 2,5 s/d 4,5



Gambar 2.19 Kolam olakan datar tipe IV
(Sumber: Sosrodarsono, 1977)

Dalam penentuan jenis kolam olakan berdasarkan dengan bilangan *Froude* dengan rumus sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot d1}} \quad \text{.....(2.95)}$$

$$\frac{D_2}{D_1} = 0{,}5 \times \sqrt{(1 + 8.Fr^2)} - 1 \quad \text{.....(2.96)}$$

Dimana :

F = bilangan *froude*

V_1 = kecepatan aliran pada penampang 1 (m/detik)

D_1 = kedalaman air di bagian hulu kolam olak (m)

D_2 = kedalaman air di bagian hulu kolam olak (m)

2.6 Analisis Stabilitas *Spillway*

2.6.1 Koefisien Gempa

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \text{.....(2.97)}$$

Dimana:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respon desain

R = faktor modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

2.6.2 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

2.6.2.1. Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl})

$$F_{gl} = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} > 1{,}5 \text{ (keadaan normal)} \quad (2.98)$$

$$F_{gl} = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} > 1{,}2 \text{ (keadaan gempa)} \quad (2.99)$$

Dimana:

F_{gl} = faktor aman terhadap penggulingan

M_v = momen vertikal (ton.m)

M_h = momen horizontal (ton.m)

2.6.2.2. Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs})

$$F_{gs} = \frac{c \times A + \sum V \tan\phi}{\sum H} > 1{,}5 \text{ (keadaan normal)} \quad (2.100)$$

$$F_{gs} = \frac{c \times A + \sum V \tan\phi}{\sum H} > 1{,}2 \text{ (keadaan gempa)} \quad (2.101)$$

Dimana:

F_{gs} = faktor aman terhadap penggeseran

c = kohesi antara dasar fondasi dengan tanah fondasi

A = luas pembebanan efektif

$\sum V$ = jumlah gaya-gaya vertikal

$\sum H$ = jumlah gaya-gaya horizontal

Φ = sudut geser dalam antara tanah dan pondasi dengan pondasi

2.7 Kondisi Wilayah Bendungan Randugunting

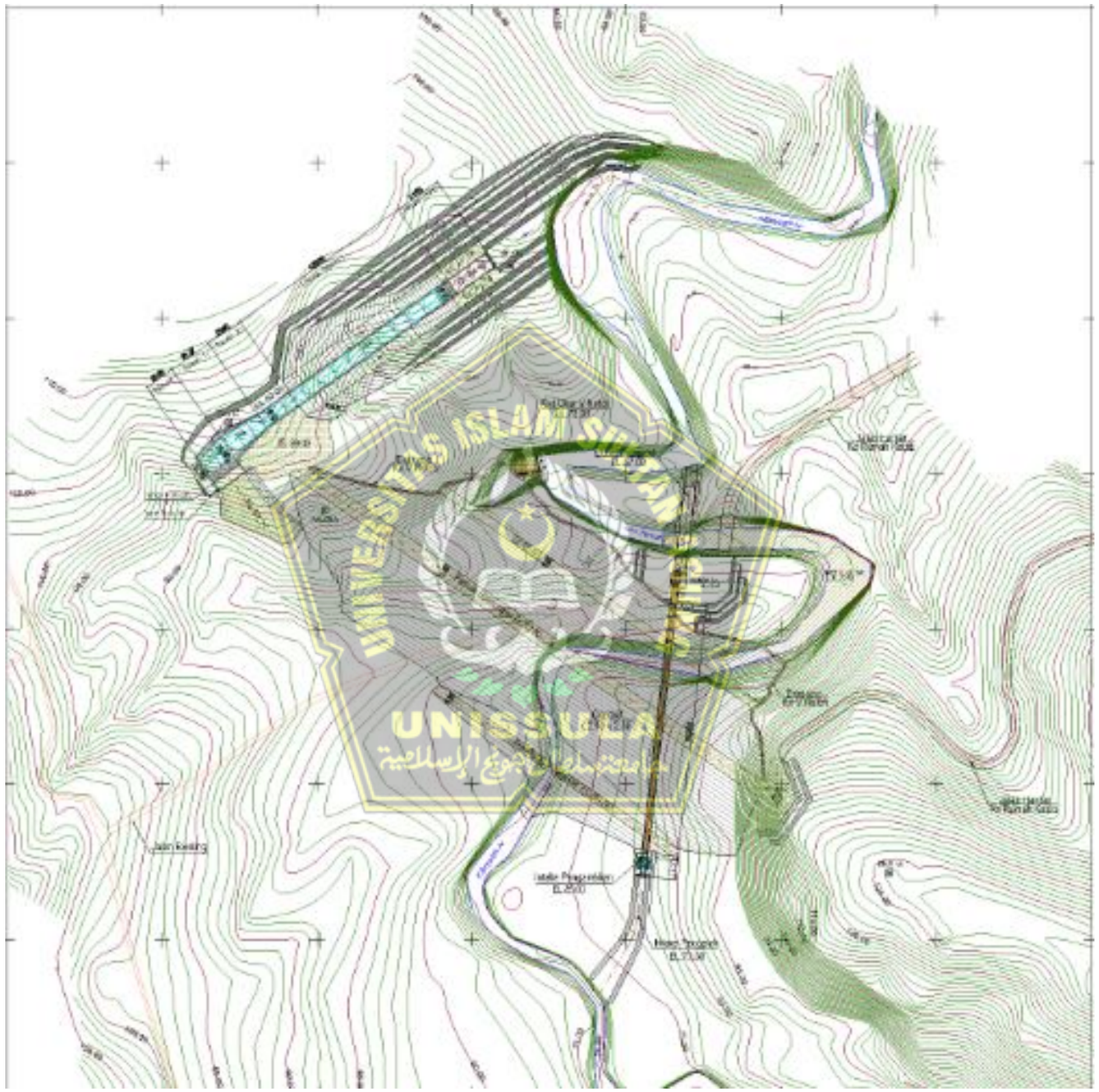
Bendungan Randugunting terdiri dari beberapa komponen yaitu badan bendungan, bangunan pelimpah, bangunan peredam energi dan lain-lain. Bendungan randugunting merupakan bendungan yang berjenis urugan tanah zonal inti tegak dimana bagian kedap air berupa inti *clay* berada ditengah tubuh bendungan, dan bagian lainnya terbagi dengan sistem zonal yang masing-masing zona memiliki material yang berbeda.

Bendungan Randugunting berlokasi di aliran Sungai Banyuasin atau yang sering disebut Sungai Klampok, Daerah Aliran Sungai (DAS) Randugunting, Wilayah Sungai (WS) Jratunseluna, Desa Kalinanas, Kecamatan Japah, Kabupaten

Blora. Luasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Randugunting sebesar 17.981 km2. Memiliki luas tampungan normal sebesar 10.400.000 m3, dengan area layan Daerah Irigasi (DI) eksisting seluas 630 Ha, dan direncanakan dapat menyuplai kebutuhan air baku untuk air minum (konsumsi) sebanyak 150 m3/dt. Pembangunan bendungan yang dimulai pada tahun 2018 hingga saat ini masih berjalan.

Berikut adalah data teknis yang digunakan untuk mendapatkan gambaran umum tentang Bendungan Randugunting:

Lokasi	Desa Kalinanas Kecamatan Japah Kabupaten Blora	
Sungai	Sungai Banyuasin (anak bendungan Randugunting)	
Hidrologi	Curah Hujan Rerata Tahunan	: 1099 mm
	Curah Hujan Desain	: 1408,62 mm
	Debit Desain Pengelak	: 81,42 m^3/dt
Waduk	Luas Genangan (el MAB)	: 187,19 Ha
	Luas Genangan (el MAN)	: 155,10 Ha
	Tampungan Bruto (MAB)	: 14.420.000 m^3
	Tampungan Normal	: 10.400.000 m^3
	Tampungan Efektif	: 8.610.000 m^3
	Tampungan Mati	: 1.790.000 m^3
	Elevasi Muka Air Normal (MAN)	: +94.27
	Elevasi Muka Air Banjir (MAB)	: +96.50
Bendungan	Tipe	: Zonal Inti Tegak
	Tinggi Bendungan	: 31 m
	Panjang Bendungan	: 357,67 m
	Elevasi Puncak Bendungan	: 99,00 m dpl
	Elevasi Pondasi Terdalam	: 68,00 m dpl
	Lebar Puncak Bendungan	: 10 m
	Kemiringan Lereng Hulu	: 1 : 2,75
	Kemiringan Lereng Hilir	: 1 : 2,25



Gambar 2.20 Tata Letak Bendungan Randugunting
(Sumber: BBWS (Laporan Konservasi Akhir Bendungan Randugunting Tahun 2015))

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

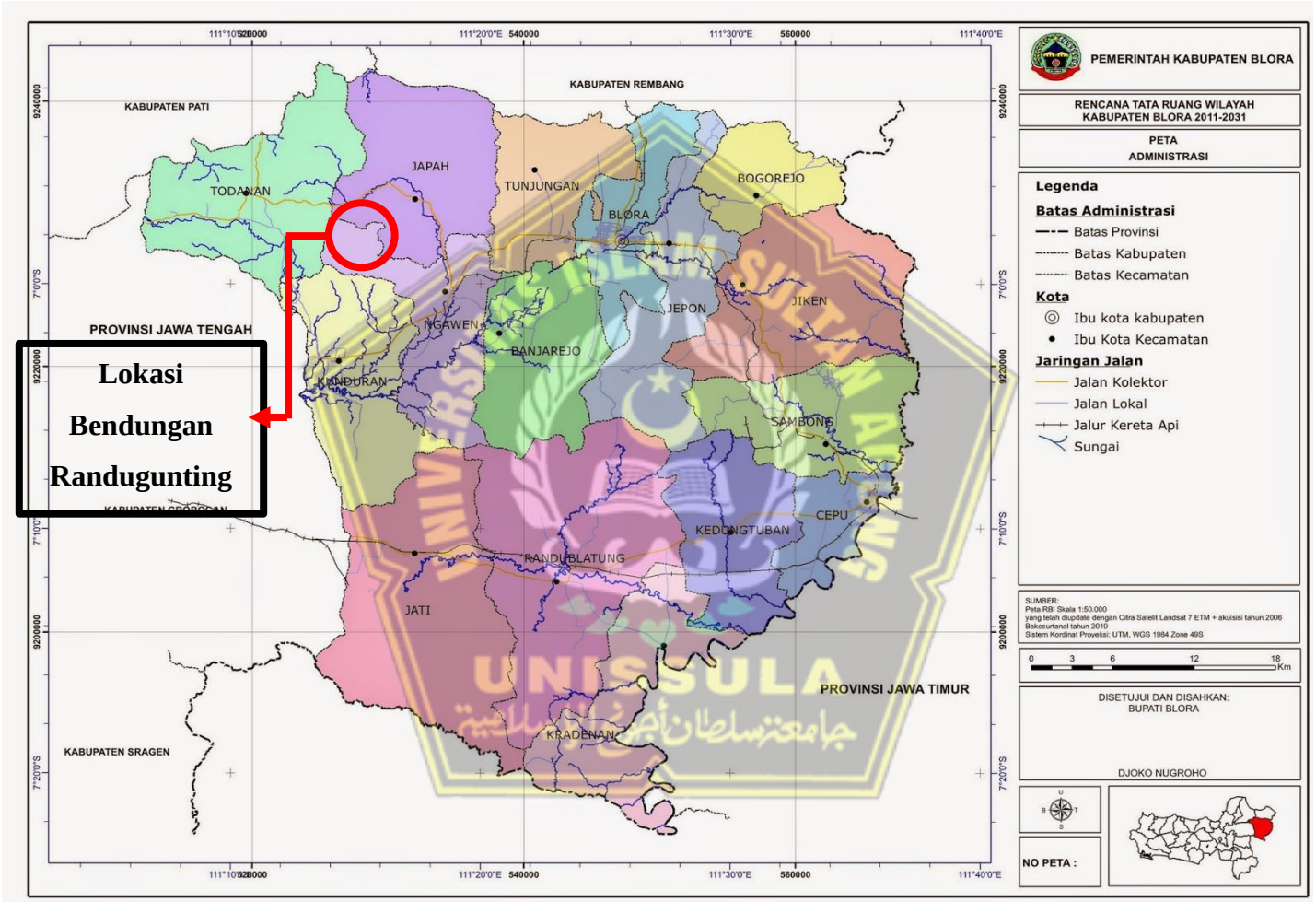
Metode penelitian menjadi sebuah hal yang sangat penting dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Penyusunannya merupakan suatu langkah persiapan atau langkah awal dalam melakukan suatu penelitian yang nantinya akan mempermudah pelaksanaan penelitian hingga dapat dicapai hasil pembahasan dan laporan tugas akhir yang tersusun secara sistematis, konsisten, dan sesuai dengan kaidah teknis yang ada sehingga menjadikan laporan tugas akhir ini menjadi layak.

Metode penelitian meliputi penjabaran metode yang akan digunakan, prosedur dan teknik mengenai bagaimana data diperoleh, lokasi, material, dan alat-alat yang digunakan, pengolahan data, serta metode yang berubungan dengan penulisan laporan tugas akhir.

Metode penelitian yang digunakan pada laporan tugas akhir ini adalah dengan melakukan kajian teknis terhadap bangunan pelimpah (*spillway*) Bendungan Randugunting yang saat ini sedang tahap pembangunan. Dalam penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir ini didukung oleh data-data yang didapat melalu pengajuan data kepada Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Semarang. Kemudian menggunakan banyak sumber referensi penelitian kajian lainnya yang sudah ada sebelumnya didapat dari buku-buku literatur, literatur buku elektronik, jurnal, surat kabar elektronik, dan sumber-sumber yang dapat dipastikan kebenarannya melalui data fisik yang ada.

3.2 Lokasi Penelitian

Bendungan Randugunting berlokasi di aliran Sungai Banyuasin atau sering disebut Sungai Klampok, Daerah Aliran Sungai (DAS) Randugunting, Wilayah Sungai (WS) Jratunseluna, Desa Kalinanas, Kecamatan Japah, Kabupaten Blora. Letaknya ±148 Km kearah timur dari Ibu Kota Provinsi Jawa Tengah (Kota Semarang). Luas cakupan Daerah Aliran Sungai (DAS) Randugunting sebesar 17.981 Km^2. Letak geografis Bendungan adalah di koordinat 6°52’19.41”LS dan 111°15’30.20”BT.



Gambar 3.1 Lokasi Proyek bendungan Randugunting
(Sumber: BBWS Pemali Juana)

Pembangunan bendungan yang dimulai pada Tahun 2018 hingga saat ini masih berjalan. Diawali dengan studi dan kajian rencana pembangunan Bendungan Randugunting pada Tahun 1985. Dilanjutkan pada Tahun 2005 disepakati bahwa lokasi AS Embung berada di Desa Kalinanas, Kecamatan Japah, Kabupaten Blora. Pada tahun 2013 terjadi perubahan letak AS Embung yang dipindah di Kabupaten Rembang. Namun di Tahun 2015 lokasinya dikembalikan ke Kabupaten Blora.

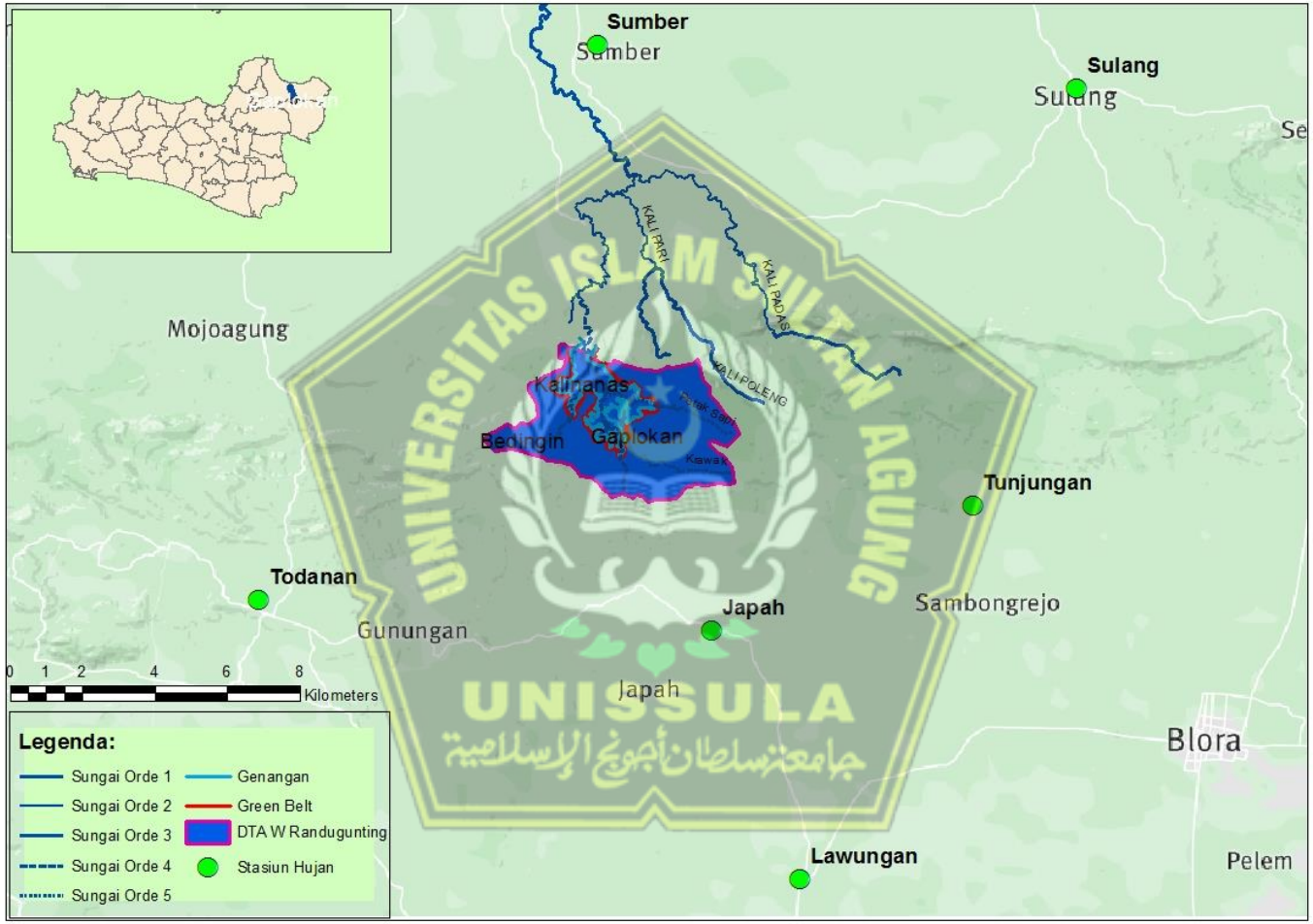
Memiliki luas tampungan normal sebesar 10.400.000 m^3, dengan area layan daerah irigasi (DI) eksisting seluas 630 Ha dengan berbagai jenis pola tanam diantaranya padi, dan palawija. Bendungan direncanakan dapat menyuplai kebutuhan air baku untuk air minum (konsumsi) sebanyak 150 m^3/dt dengan pembagian persebaran 100 m^3/dt untuk wilayah Kabupaten Blora, dan sisanya sebesar 50 m^3/dt disuplai kewilayah Kabupaten Pati. Fungsi bendung lain yang tak kalah penting adalah Bendungan Randugunting yang diharapkan dapat meretensi atau mereduksi debit banjir hingga 81.42 m^3/dt.

Stasiun hujan yang dapat ditinjau untuk mewakili Daerah Aliran Sungai (DAS) Randugunting ada beberapa diantaranya Stasiun Hujan Sumber, Stasiun Hujan Puncakwangi, Stasiun Hujan Japah, Stasiun Hujan Tunjungan, Stasiun Hujan Todanan, Stasiun Hujan Sulang, dan Stasiun Hujan Lawung.

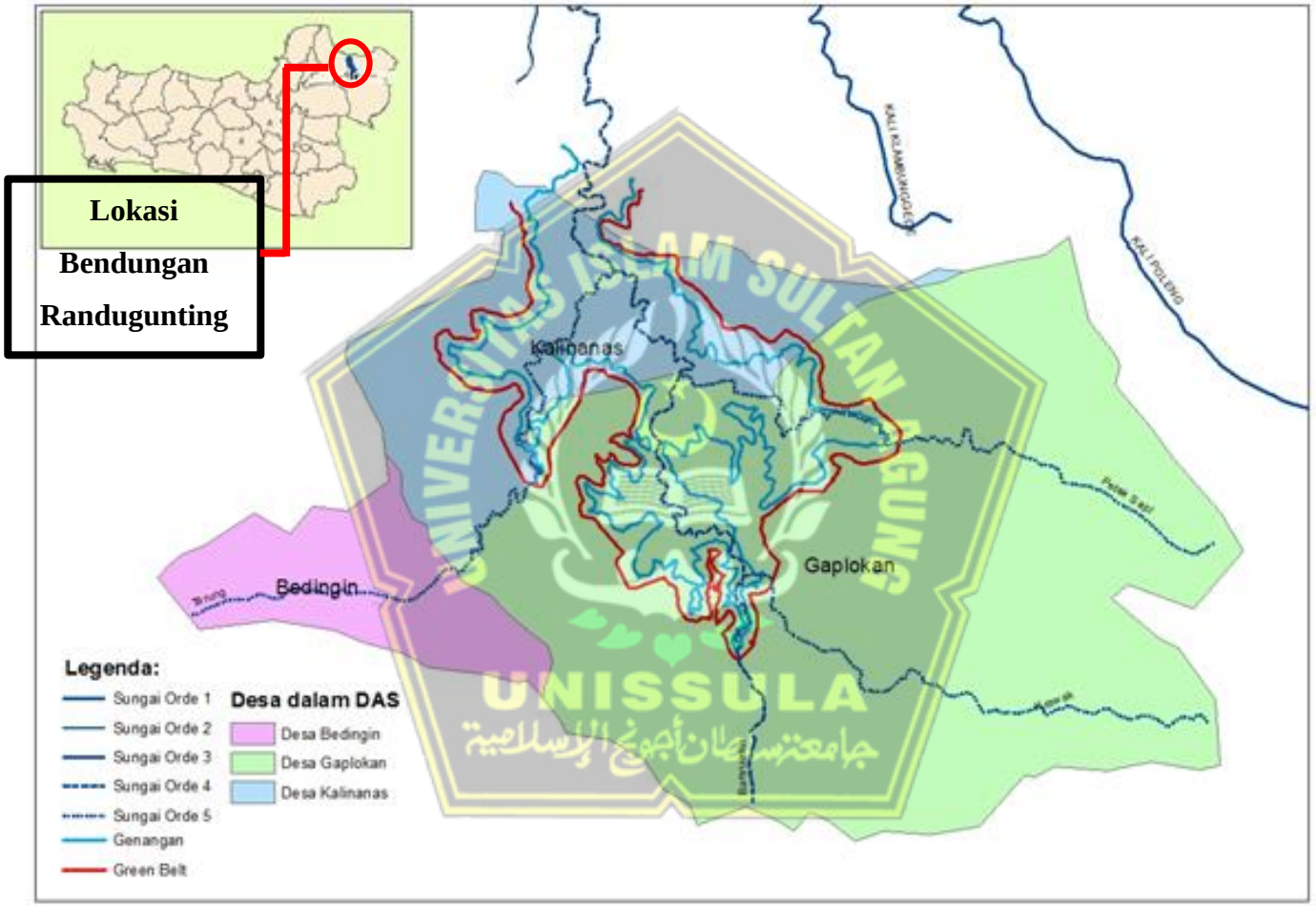
Tabel 3.1 Letak Stasiun Hujan DAS Randugunting

No	Stasiun	Koordinat		Lokasi
1	Sumber	X:	528859.00	Desa Sumber, Kec. Sumber, Kab. Rembang
		Y:	9248763.00	
2	Puncakwangi	X:	518893.59	Desa Puncakwangi, Kec. Puncakwangi, Kab. Pati
		Y:	9244156.25	
3	Japah	X:	532034.87	Desa Japah, Kec. Japah, Kab. Blora
		Y:	9232653.03	
4	Tunjungan	X:	539217.74	Desa Tunjungan, Kec. Tunjungan, Kab. Blora
		Y:	9236075.14	
5	Todanan	X:	519536.82	Desa Todanan, Kec. Todanan, Kab. Blora
		Y:	9233497.44	
6	Sulang	X:	542099.20	Desa Sulang, Kec. Sumber, Kab. Rembang
		Y:	9247569.94	
7	Lawungan	X:	534460.00	Desa Ngawen, Kec. Ngawen, Kab. Blora
		Y:	9225797.00	

(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konserfasi Akhir Randugunting))



Gambar 3.2 Peta DTA Randugunting dan Stasiun Pengamatan Hujan
(Sumber: BBWS Pemali Juana)



Gambar 3.3 Peta DTA Randugunting
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konservasi Akhir Randugunting))

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Dalam proses penulisan, pengerjaan laporan, dan pengambilan data dibutuhkan peralatan yang memadai serta menunjang penulisan.

Tabel 3.2 Alat

No	Bahan	Sumber
1	Alat Tulis Kantor	Pribadi
2	Kalkulator	Pribadi
3	PC/Laptop	Pribadi
4	Gawai	Pribadi
5	Kamera Digital	Pribadi
6	Internet	Pribadi

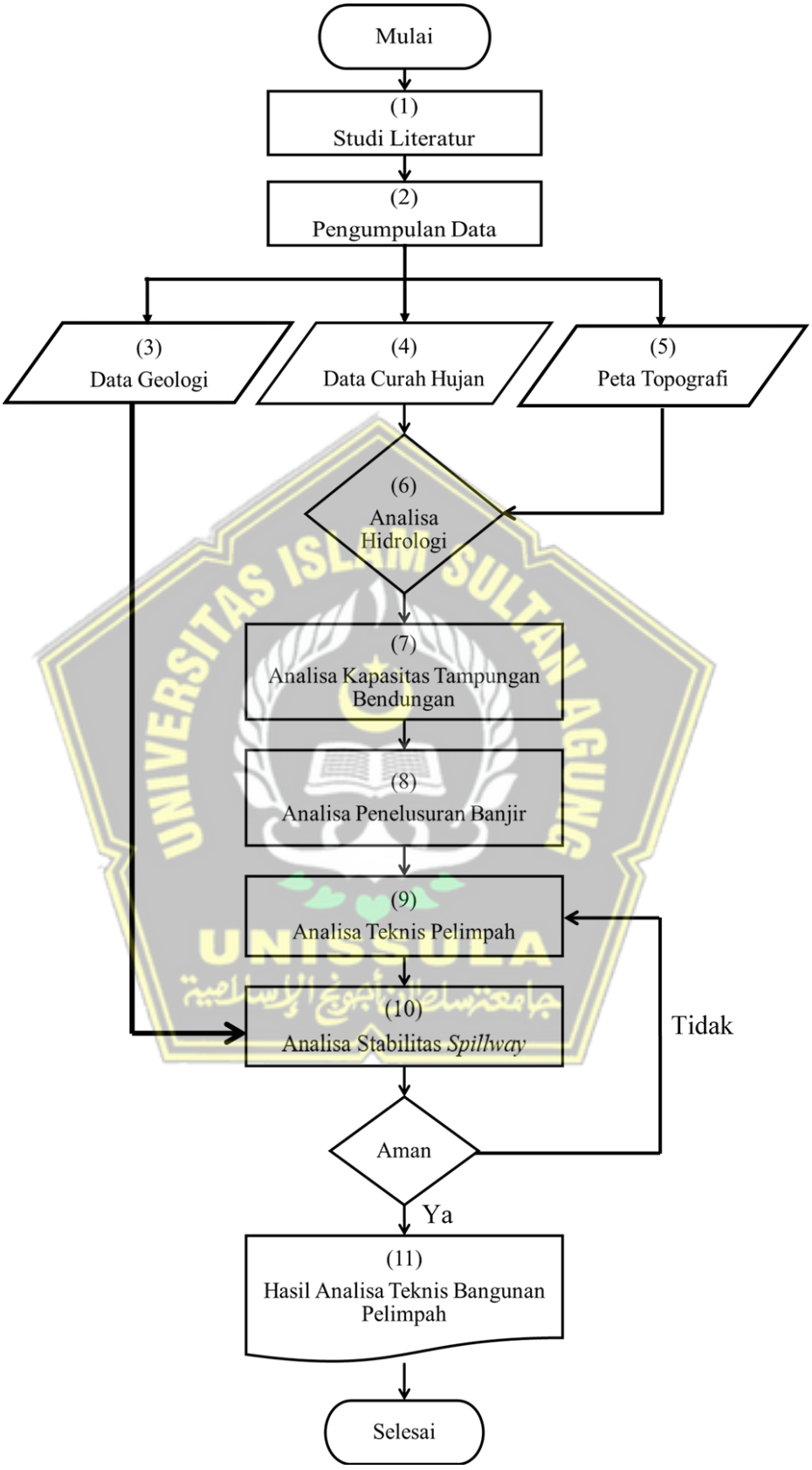
3.3.2 Bahan

Bahan yang dimaksud adalah berupa data dan informasi pendukung yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir sebagai berikut:

Tabel 3.3 Bahan

No	Bahan	Sumber
1	Data Hidrologi ➔ Data Curah Hujan di wilayah DAS Randugunting di beberapa stasiun hujan yang mewakili DAS Randugunting ➔ Peta Lokasi Stasiun Pencatat Curah Hujan yang mewakili DAS Randugunting	➔ Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana ➔ BMKG Kota Semarang ➔ Draft Laporan Akhir SID Konservasi Pada Daerah Tangkapan Air Waduk Randugunting
2	Data Geologi tanah di area Bendungan Randugunting	Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Kota Semarang
3	Peta Topografi ➔ Peta topografi daerah tangkapan air ➔ Peta topografi wilayah Bendungan Randugunting	Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Kota Semarang
4	Gambar desain bangunan pelimpah yang sudah ada	Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Kota Semarang
5	Gambar desain bendungan terbaru yang sedang dilaksanakan	Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Kota Semarang
6	Data teknis dari perencanaan yang digunakan untuk pelaksanaan pembangunan saat ini	Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Kota Semarang
7	Data dan teori yang mendukung penulisan dan pengerjaan laporan tugas akhir	Literatur buku, jurnal, surat kabar elektronik, dan sumber-sumber lainnya

3.4 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alur Penelitian

Keterangan langkah-langkah pelaksanaan penelitian atau diagram alur dari laporan tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Studi literatur, melalui sumber-sumber yang ada, baik melalui buku-buku literasi, jurnal, maupun informasi lain yang berkaitan dengan penulisan laporan ini.
2. Pengumpulan data, untuk proses analisa perhitungan teknis diantaranya data geologi, peta topografi, dan data curah hujan.
3. Data geologi, didapat melalui uji laboratorim dengan sampel tanah yang diambil di wilayah lokasi Bendungan Randugunting.
4. Peta topografi, ada beberapa peta topografi yang digunakan diantaranya peta topografi bendungan, dan topografi wilayah DAS Randugunting.
5. Data curah hujan, data ini diambil dari beberapa lokasi stasiun tampungan curah hujan di wilayah yang mewakili DAS Randugunting. Pengumpulan data menggunakan jenis data curah hujan harian selama kurun waktu 11 tahun antara Tahun 2010 hingga Tahun 2020 dari Empat stasiun penangkap hujan yaitu:
   a. Stasiun Curah Sumber.
   b. Stasiun Curah Puncakwangi.
   c. Stasiun Curah Tunjungan.
   d. Stasiun Curah Todanan.
6. Analisa hidrologi yang dilakukan sebagai berikut:
   a. Analisa curah hujan maksimum (*polygon theisen*).
   b. Analisa metode distribusi hujan rancangan.
   c. Analisa uji kesesuain distribusi.
   d. Analisa nilai *Probable Maksimum Precipitation* (PMP).
   e. Analisa koefisien pengairan.
   f. Analisa hujan jam-jaman.
   g. Analisa banjir rancangan menggunakan metode analisa *Nakayasu* dan Gama I.
   h. Analisa ordinat hidrograf.
   i. Analisa hidrograf banjir.

7. Analisa kapasitas tampungan bendungan, sehingga diketahui luasan, elevasi dan volume air yang dapat ditampung bendungan.
8. Analisa penelusuran banjir.
9. Analisa teknis pelimpah yang dianalisa sebagai berikut:
    a. Mercu bangunan pelimpah.
    b. Saluran pengarah.
    c. Saluran transisi (pengatur) bangunan pelimpah.
    d. Saluran peluncur bangunan pelimpah.
    e. Bangunan peredam energi bangunan pelimpah.
    f. Tinggi jagaan bangunan pelimpah.
10. Analisa stabilitas *spillway* pada dua kondisi yaitu kondisi muka air setinggi mercu pelimpah (normal) dan kondisi muka air banjir. Analisa stabilitas yang ditinjau dari keduanya diantaranya:
    a. *Uplift pressure*.
    b. Kontrol guling.
    c. Kontrol geser.
    d. Kontrol Piping
    e. Kontrol Eksentrisitas
11. Aman, apabila semua stabilitas yang diperhitungkan memenuhi *safety factor* maka dapat diambil kesimpulan hasi analisa teknis bangunan pelimpah. Jika ada analisa stabilitas yang tidak memenuhi maka perlu diperhitungkan kembali analisa teknis atau hidolika bangunan pelimpah.
12. Hasil analisa teknis bangunan pelimpah yang didapat dari perhitungan diantaranya, yaitu:
    a. Debit banjir rencana.
    b. Luas, elevasi, dan volume tampungan bendungan.
    c. Dimensi bangunan pelimpah.
    d. Hasil uji stabilitas bangunan pelimpah.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan dan mendapatkan informasi apa saja yang diperlukan untuk keperluan kajian analisa. Pada proses pengumpulan data harus dipastikan data yang didapat adalah benar, konkrit, relevan dan dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Data dapat diperoleh melalui *survey* maupun pengajuan kepada badan berwenang terkait. Adapun data-data yang perlu dikumpulkan agar pelaksanaan dan penulisan laporan tugas akhir ini memperoleh hasil kajian sesuai harapan sebagai berikut:

1. Kondisi secara garis besar atau umum dari lokasi penelitian
2. Data Hidrologi
    a. Data Curah Hujan di wilayah DAS Randugunting di beberapa stasiun hujan yang mewakili DAS Randugunting. Dalam kajian teknis ini digunakan data curah hujan selama 20 tahun yaitu dari Tahun 2000 hingga Tahun 2019.
    b. Peta Lokasi Stasiun Pencatat Curah Hujan yang mewakili DAS Randugunting.
3. Data Geologi tanah di area Bendungan Randugunting. Data geologi dan mekanika tanah diperlukan untuk menghitung stabilitas bangunan pelimpah yang akan di desain dengan keamanan menyesuaikan kondisi karakteristik tanah yang ada.
4. Peta Topografi yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan luasan, elevasi dan volume genangan yang akan direncanakan, yaitu:
    a. Peta topografi daerah tangkapan air.
    b. Peta topografi wilayah Bendungan Randugunting.
5. Gambar desain.
    a. Gambar desain bangunan pelimpah yang sudah ada.
    b. Gambar desain bendungan terbaru yang sedang dilaksanakan.
6. Data teknis dari perencanaan yang digunakan untuk pelaksanaan pembangunan saat ini.
7. Data dan teori lainnya yang mendukung penulisan dan pengerjaan laporan tugas akhir.

3.6 Analisa Data

Analisa data dilakukan untuk mengetahui langkah-langkah penjabaran kajian teknis bangunan pelimpah. Analisa ini dilakukan untuk mengolah data-data yang sudah dikumpulkan sebelumnya. Hasil dari analisa data adalah tujuan dibuatnya laporan tugas akhir ini yaitu kajian teknis bangunan pelimpah (*spillway*). Adapun analisa data yang dilakukan sebagai berikut:

3.6.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yang dilakukan dengan memperhitungkan data curah hujan dari beberapa stasiun penangkap hujan yang mewakili daerah tangkapan air DAS Randugunting. Kemudian dihasilkan data hujan rancangan dapat dilakukan dengan mengolah data hujan, mengidentifikasi distribusi curah hujan daerah dan menganalisa curah hujan rata-rata serta diuraikan lebih banyak lagi, sebagai berikut:

1. Perhitungan hujan rancangan menggunakan beberapa metode yaitu metode distribusi *gumbel*, metode distribusi log normal, dan Metode distribusi *log pearson type* III.
2. Perhitungan nilai *probable maksimum precipitation* (PMP).
3. Uji kecocokan distribusi persebaran data curah hujan dilakukan terhadap masing-masing metode yang dipilih. Uji kecocokan ini dilakukan untuk mengetaui frekuensi dan peluang kemungkinan kejadian sampel data yang digunakan dalam perhitungan sudah mewakili seluruh data yang tersedia. Pengujian ini dilakujan dengan dua metode yaitu uji *smirnov-kolmogorof* (normalitas sebaran data) dan uji *chi square* (kuadrat).
4. Mencari koefisien pengairan yang tepat untuk wilayah DAS Randugunting dengan menganalisis peta topografi yang ada.
5. Analisa Perhitungan Distribusi Hujan menggunakan metode Satuan Sintetik *Nakayasu*. Dengan langkah-langkah sebagai berikut memperhitungkan rata-rata hujan, kemudian tinggi hujan pada jam ke-t dan yang terakhir memperhitungankan distribusi curah hujan efektif.

6. Analisa Perhitungan Debit Banjir Rancangan dengan menggunakan metode Satuan Sintetik *Nakayasu*. Setelah mengetahui karakteristik DAS Randugunting dilakukan analisa parameter hidrograf diantaranya waktu konsentrasi, tenggang waktu, satuan waktu, waktu penurunan debit dan debit puncak terjadinya hujan.
7. Menghitung nilai hidrograf banjir dengan memperhitungkan intensitas curah hujan, dan ordinat hidograf. Kemudian dapat ditentukan nilai hidrograf banjir yang diperhitungkan pada masing-masing kala ulang yang direncanakan yaitu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 1000 tahun, dan kala ulang PMP.
8. Analisa penelusuran banjir di bendungan (*reservoir routing*). Perhitungan dapat dilakukan dengan *trial and eror* dengan variasi lebar pelimpah. Kemudian didapatkan besar debit limpasan yang keluar (*outflow).*

3.6.2 Analisa Geologi

Analisa geologi dan mekanika tanah dilakukan guna mendapatkan data parameter tanah di lokasi Proyek Bendungan Randugunting. Parameter tanah tersebut kemudian dijadikan acuan dalam memperhitungkan bangunan pelimpah agar dapat menahan gaya yang bekerja. Adapun beberapa parameter tanah yang diperhitungkan diantaranya sebagai berikut:

1. Berat kering tanah atau *specific gravity* (Gs)
2. Berat jenis tanah, berat volume basah dan kering, serta kadar air yang terkandung dalam tanah.
3. Hasil pengujian permeabilitas, baik pengujian langsung atau pengujian lapangan atau pengujian yang dilakukan di laboratorium.
4. Kadar air pori dan besarnya nilai air pori pada tanah.

3.6.3 Data Hidrolika

Data hidrolika dianalisa untuk mendapatkan hasil teknis mengenai Bangunan Pelimpah (*Spillway*), baik berupa desain maupun dimensinya. Diharapkan dengan hasil analisa data hidrologi dan hidrolika yang baik, benar dan sesuai kaidah teknis perencanaan yang ada dapat dihasilkan bangunan pelimpah yang aman terhadap limpasan debit air hujan yang direncanakan. Adapun analisa teknis yang dilakukan diantaranya sebagai berikut:

1. Analisa kapasitas tampungan bendungan. Dengan mengetahui peta topografi dari bendungan maka dapat dianalisa berapa luas, elevasi dan volume tampungan bendungan. Sehingga dapat diperhitungkan dimensi pelimpah yang sesuai dan memadahi terhadap tampungan dan debit air yang direncanakan.
2. Analisa mercu bangunan pelimpah dilakukan secara menyeluruh mulai dari lebar penampangnya, jari-jari lengkungan, koordinat pertitik, dan dilakukan analisis hidrologis agar dapat mengontrol debit aliran yang akan melimpas.
3. Analisa saluran pengarah mengenai kedalaman dan kecepatan aliran yang melintasinya.
4. Analisa saluran transisi (pengatur) bangunan pelimpah. Analisa yang dilakukan adalah dengan memperhitungkan panjang, lebar dan elevasi persegmen agar debit air yang melaju masih dalam nilai yang dikehendaki.
5. Analisa saluran peluncur bangunan pelimpah yang memiliki 2 bagian yaitu lurus dan model saluran lurus yang melebar yang menyerupai bentuk terompet gunya untuk mengurangi kecepatan aliran yang melaju.
6. Analisa bangunan peredam energi bangunan pelimpah dari pemilihan jenis dan tipe yang digunakan hingga perhitungan detail elemen-elemen yang ada diantaranya jumlah dan jarak gigi-gigi pemecah gelombang.
7. Analisa tinggi jagaan bangunan pelimpah.

3.6.4 Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Dalam perhitungan kajian teknis, analisa stabilitas bangunan yang dikaji sangat penting untuk diperhatikan. Stabilitas berpengaruh terhadap keamanan dan kelayakan fungsi bangunan pelimpah. Beberapa aspek yang diperhitungkan stabilitasnya dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah perhitungan stabilitas terhadap gaya guling, gaya geser, piping, eksentrisitas, dan rembesan (*Uplift Pressure*). Perhitungan stabilitas *spillway* dilakukan dalam dua kondisi, yang pertama keadaan muka air normal atau setinggi mercu, dan yang kedua apabila kondisi air banjir.

3.7 Permasalahan yang Timbul dalam Penelitian

Permasalahan yang timbul selama penelitian adalah ketersedian data dan jumlah data yang diperlukan. Untuk melakukan analisa hidrologi dibutuhkan banyak data. Data utama yang diperlukan adalah data curah hujan harian maksimum dalam jangka waktu tertentu yang diambil dari beberapa stasiun penangkap curah hujan. Namun ketersediaan data sangat terbatas karena tidak semua stasiun yang mewakili wilayah DAS memili data curah hujan lengkap dari jangka tahun yang direncanakan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dipilih minimal tiga stsiun curah hujan yang mewakili dan memiliki ketersediaan data yang memenuhi.

Permasalahan kedua yang ditemui adalah dimensi pelimpah yang tidak memenuhi kriteria stabilitas yang direncanakan. Sehingga untuk menemukan dimensi bangunan pelimpah yang memenuhi semua syarat kriteria teknis perencanaan diperlukan beberapa kali perhitungan ulang.

Permasalahan lain yang yang ditemui saat penulisan laporan tugas akhir ini adalah beberapa perhitungan tidak sesuai perkiraan, hal ini dikarenakan kurangnya ketelitian pada saat perhitungan atau kekeliruan dalam menggunakan metode perhitungan. Permasalahan ini dapat diperbaiki dengan meneliti dan menganalisa kembali perhitungan yang telah dilakukan dan mengkaji ulang literatur-literatur yang telah digunakan.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Hidrologi

Analisa ini bertujuan untuk menyaring dan memilah data yang layak digunakan untuk proses perhitungan analisa yang akan dilakukan. Apabila data yang digunakan layak dan mewakili maka diharapkan akan didapatkan hasil analisa yang tepat dan mirip dengan kondisi sebenarnya.

4.1.1 Analisa Data Curah Hujan

4.1.1.1. Data Stasiun Curah Hujan

Dalam area DAS Randugunting terdapat beberapa stasiun curah hujan yang dapat mewakili pengairan yang ada di wilayah tersebut. Beberapa stasiun curah hujan diantaranya:

Tabel 4.1 Data Stasiun Curah Hujan DAS Randugunting

No	Stasiun	Ketersediaan Data	Pengelola
1	Sumber	2001-2020	BMKG & BPDAS Pemali Jratun
2	Puncakwangi	2005-2006 2008-2012	BMKG & BPDAS Pemali Jratun
3	Japah	2010-2014	BMKG & BPDAS Pemali Jratun
4	Tunjungan	2005 2009-2020	OPSDA I BBWS Pemali Juana
5	Todanan	2010-2020	OPSDA I BBWS Pemali Juana
6	Sulang	2001-2014	BMKG & BPDAS Pemali Jratun
7	Lawungan	2001-2020	BMKG & BPDAS Pemali Jratun

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.2 Ketersediaan Data Curah Hujan Tahunan Harian Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum Stasiun Curah Hujan						
		Sumber (mm)	Puncakwangi (mm)	Japah (mm)	Tunjungan (mm)	Todanan (mm)	Sulang (mm)	Lawungan (mm)
1	2001	97,0	-	-	-	-	-	97,0
2	2002	57,0	-	-	-	-	-	82,0
3	2003	55,0	-	-	-	-	-	62,0
4	2004	42,0	-	-	-	-	-	50,0
5	2005	68,0	82,0	-	113,0	-	-	49,0
6	2006	60,0	125,0	-	-	-	-	77,0
7	2007	80,0	-	-	-	-	106,0	57,0
8	2008	68,0	58,0	-	-	-	100,0	44,0
9	2009	64,0	72,0	-	-	-	55,0	55,0
10	2010	75,0	71,0	120,0	167,0	170,0	82,0	60,0
11	2011	70,0	48,0	74,0	65,0	76,0	75,0	40,0
12	2012	60,0	56,0	73,0	98,6	64,0	100,0	50,0
13	2013	65,0	-	56,0	183,2	80,0	88,0	70,0
14	2014	89,0	-	66,0	206,7	65,0	105,0	65,0
15	2015	60,0	-	-	218,4	113,0	-	56,0
16	2016	83,0	-	-	206,5	137,0	-	67,0
17	2017	90,0	-	-	147,1	85,0	-	74,0
18	2018	45,0	-	-	212,4	66,0	-	41,0
19	2019	95,0	-	-	198,0	102,0	-	38,0
20	2020	84,0	-	-	95,2	102,0	-	43,0

(Sumber: BBWS Pemali Juana dan BMKG Kota Semarang)

Dari tabel diatas dapat disimpulkan hanya ada empat stasiun curah hujan saja yang memiliki ketersediaan data yang lengkap. Kemudian diambil data tahun 2010-2020 dari Stasiun Curah Sumber, Stasiun Curah Tunjungan, Stasiun Curah Todanan, dan Stasiun Curah Lawungan untuk dilakukan analisa lebih lanjut.

4.1.1.2. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperlukan dalam perhitungan analisa hidrologi adalah data curah hujan harian maksimum di masing-masing stasiun curah hujan yang mewakili wilayah DAS Randugunting. Dari tabel ketersediaan data pada setiap stasiun kemudian dalam perhitungannya laporan tugas akhir ini menggunakan data sebelas tahun terakhir (2010-2021) masing-masing stasiun.

1. Stasiun Curah Hujan Sumber

Tabel 4.3 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Sumber

Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) Stasiun Sumber													
NO	Bulan / Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2010	67,00	38,00	60,00	43,00	30,00	30,00	65,00	25,00	55,00	65,00	46,00	75,00
2	2011	49,00	70,00	45,00	45,00	45,00	36,00	0,00	0,00	12,00	15,00	46,00	30,00
3	2012	60,00	33,00	48,00	30,00	2,00	10,00	0,00	0,00	0,00	27,00	60,00	30,00
4	2013	63,00	20,00	25,00	64,00	49,00	48,00	24,00	0,00	0,00	22,00	60,00	65,00
5	2014	80,00	46,00	55,00	40,00	0,00	38,00	14,00	0,00	0,00	0,00	85,00	89,00
6	2015	31,00	31,00	60,00	30,00	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	10,00	38,00
7	2016	83,00	38,00	45,00	65,00	68,00	40,00	25,00	37,00	30,00	25,00	35,00	22,00
8	2017	40,00	45,00	35,00	30,00	45,00	90,00	25,00	0,00	0,00	55,00	30,00	25,00
9	2018	30,00	45,00	30,00	34,00	12,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	38,00
10	2019	45,00	30,00	42,00	45,00	52,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	21,00
11	2020	40,00	45,00	35,00	84,00	29,00	20,00	46,00	8,00	25,00	18,00	65,00	18,00

(Sumber: BBWS Pemali Juana dan BMKG Kota Semarang)

2. Stasiun Curah Hujan Todanan

Tabel 4.4 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Todanan

Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) Stasiun Todanan													
NO	Bulan / Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2010	114,00	75,50	105,00	80,50	45,50	170,00	27,50	47,50	0,00	0,00	31,50	90,00
2	2011	27,00	74,00	49,00	61,00	65,00	32,00	60,00	0,00	29,00	0,00	74,00	76,00
3	2012	61,00	36,00	38,00	25,00	25,00	12,00	0,00	0,00	10,00	28,00	42,00	64,00
4	2013	54,00	60,00	76,00	25,00	39,00	57,00	22,00	0,00	0,00	77,00	80,00	52,00
5	2014	65,00	39,00	50,00	64,00	17,00	15,00	15,00	8,00	0,00	11,00	32,00	39,00
6	2015	56,00	28,00	40,00	113,00	56,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,00	60,00
7	2016	96,00	86,00	99,00	77,00	36,00	42,00	20,00	17,00	22,00	33,00	68,00	137,00
8	2017	44,00	63,00	85,00	58,00	15,00	29,00	17,00	5,00	55,00	53,00	81,00	47,00
9	2018	27,00	41,00	47,00	42,00	19,00	6,00	0,00	1,00	15,00	12,00	66,00	61,00
10	2019	58,00	45,00	76,00	75,00	101,00	0,00	0,00	34,00	0,00	0,00	102,00	68,00
11	2020	67,00	94,00	102,00	58,00	85,00	28,00	48,00	53,00	1,00	36,00	90,00	61,00

(Sumber: BBWS Pemali Juana dan BMKG Kota Semarang)

3. Stasiun Curah Hujan Tunjungan

Tabel 4.5 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Tunjungan

Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) Stasiun Tunjungan													
NO	Bulan / Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2010	105,00	51,00	55,50	99,00	45,50	32,50	35,00	13,00	130,50	58,50	167,00	46,70
2	2011	28,40	50,90	40,30	44,60	30,20	6,40	0,00	0,00	7,00	58,20	65,00	46,70
3	2012	70,60	34,70	36,40	54,40	98,60	59,60	0,00	0,00	1,60	64,50	92,20	59,60
4	2013	85,80	50,80	78,20	87,00	76,10	62,70	61,80	0,00	10,20	42,10	77,70	183,20
5	2014	94,20	70,70	84,00	50,30	14,80	62,00	206,70	24,50	19,50	54,20	103,00	96,00
6	2015	104,80	100,10	80,90	106,70	53,10	3,70	0,00	0,00	0,00	14,70	57,50	218,40
7	2016	130,40	62,10	99,50	79,80	116,60	42,80	23,40	53,50	129,10	34,90	206,50	68,70
8	2017	123,60	128,30	147,10	86,10	50,70	43,30	90,40	3,30	26,60	70,70	116,30	86,30
9	2018	98,90	120,30	212,40	91,10	33,00	21,00	2,20	0,00	18,30	27,00	100,60	195,50
10	2019	36,30	76,80	198,00	108,60	78,30	56,40	0,00	24,80	1,10	0,50	81,40	26,40
11	2020	48,00	35,10	82,00	95,20	69,40	3,60	35,40	54,00	1,80	77,20	85,50	52,90

(Sumber: BBWS Pemali Juana dan BMKG Kota Semarang)

4. Stasiun Curah Hujan Lawungan

Tabel 4.6 Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Lawungan

Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) Stasiun Lawungan													
NO	Bulan / Tahun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	2010	49,00	24,00	55,00	25,00	24,00	41,00	48,00	13,00	32,00	60,00	51,00	39,00
2	2011	29,00	40,00	26,00	25,00	34,00	31,00	0,00	0,00	7,00	28,00	26,00	22,00
3	2012	50,00	19,00	28,00	17,00	10,00	24,00	0,00	0,00	1,00	15,00	34,00	18,00
4	2013	42,00	29,00	16,00	70,00	28,00	33,00	16,00	0,00	0,00	12,00	35,00	44,00
5	2014	58,00	41,00	31,00	35,00	2,00	27,00	8,00	4,00	0,00	0,00	48,00	65,00
6	2015	51,00	44,00	55,00	56,00	49,00	28,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	2016	46,00	67,00	64,00	48,00	48,00	57,00	47,00	31,00	42,00	12,00	51,00	32,00
8	2017	50,00	0,00	0,00	0,00	54,00	20,00	15,00	0,00	18,00	48,00	49,00	74,00
9	2018	39,00	31,00	38,00	22,00	18,00	33,00	0,00	0,00	32,00	0,00	41,00	0,00
10	2019	34,00	31,00	38,00	38,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	32,00	36,00
11	2020	31,00	31,00	32,00	39,00	38,00	5,00	38,00	43,00	21,00	37,00	43,00	34,00

(Sumber: BBWS Pemali Juana dan BMKG Kota Semarang)

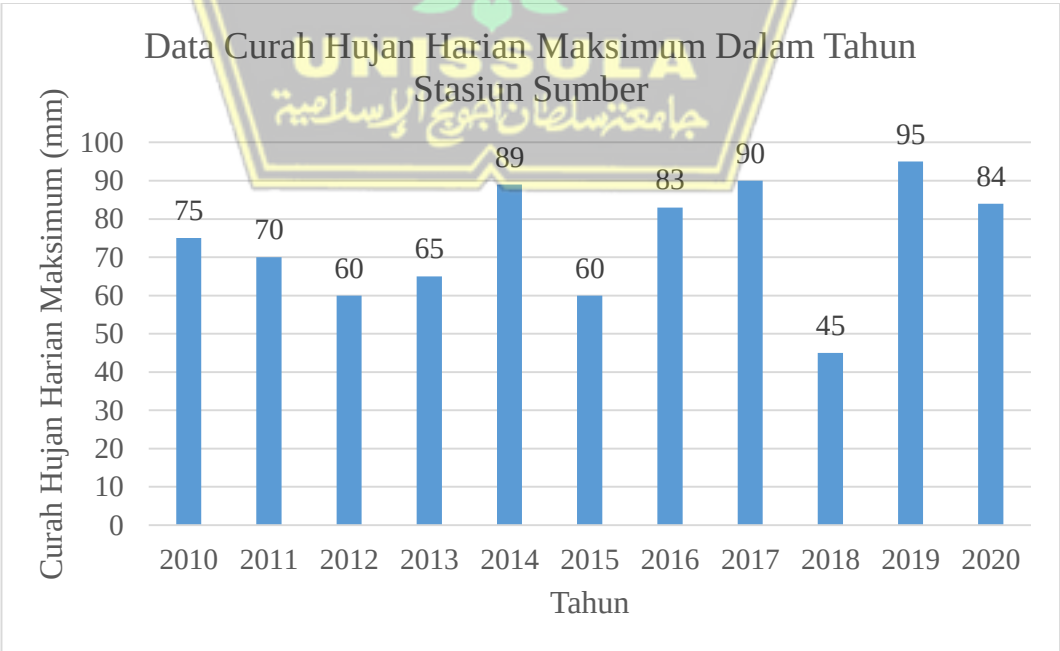
4.1.1.3. Data Curah Hujan Maksimum Harian Tahunan

1. Stasiun Curah Hujan Sumber

Tabel 4.7 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Sumber

Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Sumber					
No	Tanggal			Curah Hujan Max (mm)	Urutan Curah Hujan Max (mm)
1	9	Desember	2010	75,000	95,000
2	14	Februari	2011	70,000	90,000
3	9	Januari	2012	60,000	89,000
4	10	Desember	2013	65,000	84,000
5	5	Desember	2014	89,000	83,000
6	6	Maret	2015	60,000	75,000
7	2	Januari	2016	83,000	70,000
8	1	Juni	2017	90,000	65,000
9	6	Februari	2018	45,000	60,000
10	4	November	2019	95,000	60,000
11	4	April	2020	84,000	45,000
Jumlah				816,000	816,000
Rata-rata ($\bar{X}r$)				74,182	74,182
Maksimum				95,000	95,000
Minimum				45,000	45,000
Deviasi				15,600	15,600
n				11,000	11,000

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



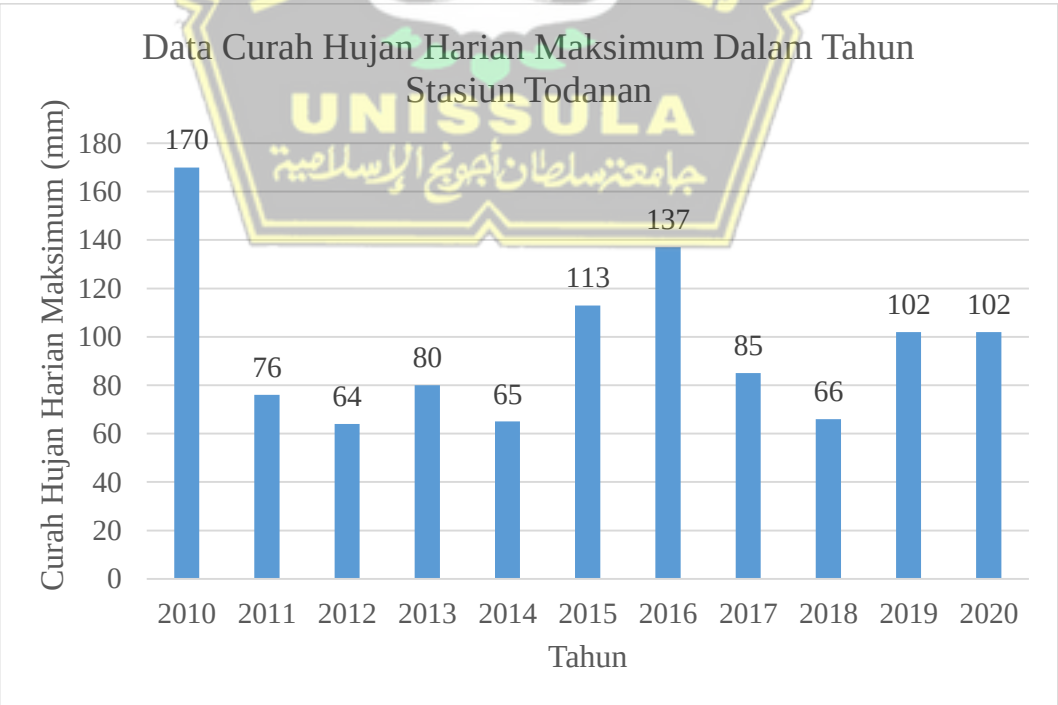
Gambar 4.1 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Sumber

2. Stasiun Curah Hujan Todanan

Tabel 4.8 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Todanan

Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Todanan					
No	Tanggal			Curah Hujan Max (mm)	Urutan Curah Hujan Max (mm)
1	16	Juni	2010	170,000	170,000
2	20	Desember	2011	76,000	137,000
3	23	Desember	2012	64,000	113,000
4	14	November	2013	80,000	102,000
5	7	Januari	2014	65,000	102,000
6	6	April	2015	113,000	85,000
7	30	Desember	2016	137,000	80,000
8	7	Maret	2017	85,000	76,000
9	30	November	2018	66,000	66,000
10	4	November	2019	102,000	65,000
11	17	Maret	2020	102,000	64,000
Jumlah				1060,000	1060,000
Rata-rata ($\bar{X}r$)				96,364	96,364
Maksimum				170,000	170,000
Minimum				64,000	64,000
Deviasi				33,434	33,434
n				11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



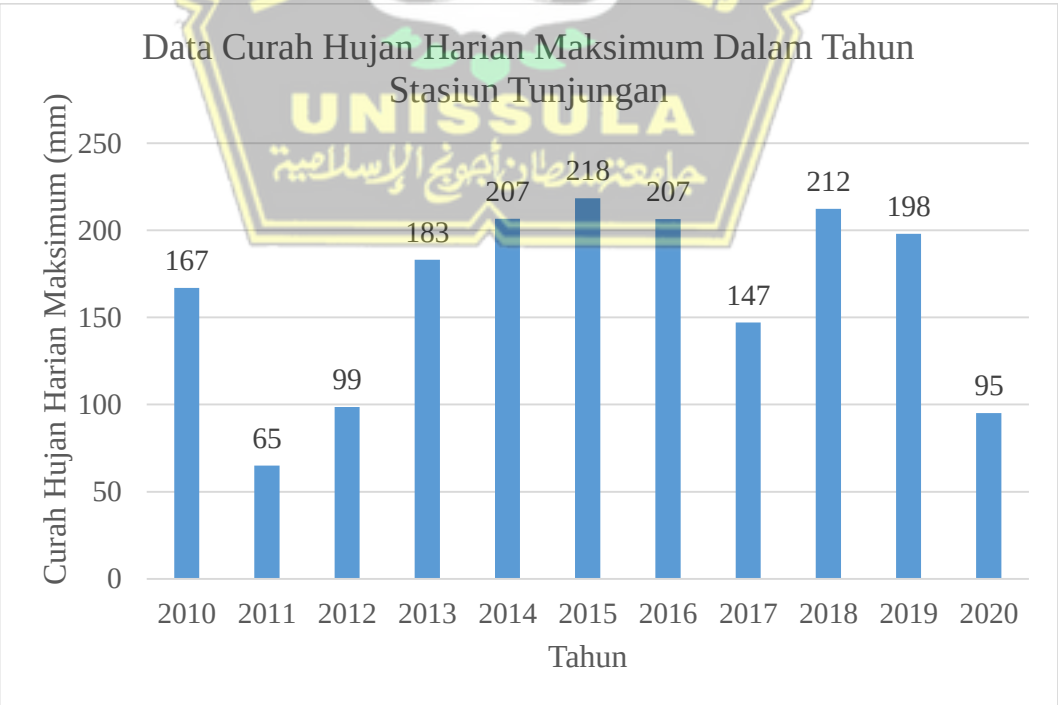
Gambar 4.2 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Todanan

3. Stasiun Curah Hujan Tunjungan

Tabel 4.9 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Tunjungan

Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Tunjungan					
No	Tanggal			Curah Hujan Max (mm)	Urutan Curah Hujan Max (mm)
1	2	November	2010	167,000	218,400
2	10	November	2011	65,000	212,400
3	7	Mei	2012	98,600	206,700
4	10	Desember	2013	183,200	206,500
5	13	Juli	2014	206,700	198,000
6	15	Desember	2015	218,400	183,200
7	12	November	2016	206,500	167,000
8	11	Maret	2017	147,100	147,100
9	1	Maret	2018	212,400	98,600
10	20	Maret	2019	198,000	95,200
11	21	April	2020	95,200	65,000
Jumlah				1798,100	1798,100
Rata-rata ($\bar{X}r$)				163,464	163,464
Maksimum				218,400	218,400
Minimum				65,000	65,000
Deviasi				54,368	54,368
n				11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



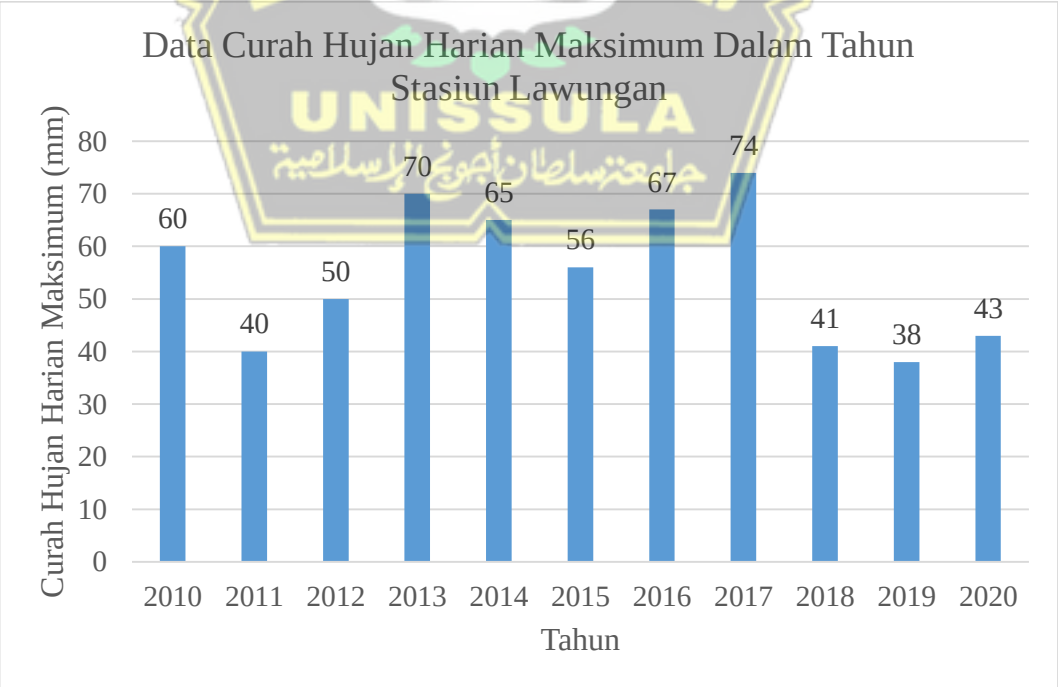
Gambar 4.3 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Tunjungan

4. Stasiun Curah Hujan Lawungan

Tabel 4.10 Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Lawungan

Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Lawungan					
No	Tanggal			Curah Hujan Max (mm)	Urutan Curah Hujan Max (mm)
1	17	Oktober	2010	60,000	74,000
2	14	Februari	2011	40,000	70,000
3	9	Januari	2012	50,000	67,000
4	4	April	2013	70,000	65,000
5	18	Desember	2014	65,000	60,000
6	16	April	2015	56,000	56,000
7	6	Februari	2016	67,000	50,000
8	10	Desember	2017	74,000	43,000
9	30	November	2018	41,000	41,000
10	16	Agustus	2019	38,000	40,000
11	30	November	2020	43,000	38,000
Jumlah				604,000	604,000
Rata-rata ($\bar{X}r$)				54,909	54,909
Maksimum				74,000	74,000
Minimum				38,000	38,000
Deviasi				13,172	13,172
n				11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.4 Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Lawungan

4.1.2 Kelayakan Data Curah Hujan

Pengujian data curah hujan yang didapat dimaksudkan agar data memenui kriteria perencanaan yang konsisten dan homogen. Beberapa pengujian yang dilakukan diantaranya:

4.1.2.1. *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS)

Uji kelayakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS) untuk mengetahui konsistensi data menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Data hujan rerata-I ($\bar{Y}$)

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{k} Y}{n}$$

$$= \frac{75{,}0+70{,}0+60{,}0+65{,}0+89{,}0+60{,}0+83{,}0+90{,}0+45{,}0+95{,}0+84{,}0}{11}$$

$$= \frac{816{,}00}{11}$$

$$= 74{,}182 \text{ mm}$$

2. Simpangan rata-rata (Dy^2)

$Sk^*_1 = (Y_1 - \bar{Y})$

$= 75{,}00-74{,}182$

$= 0{,}818$ mm

$Sk^*_2 = (Y_2 - \bar{Y})$

$= 70.00-74.182$

$= -4.182$ mm

$Sk^*_3 = (Y_3 - \bar{Y})$

$= 60{,}00-74{,}182$

$= -14{,}182$ mm

.

.

.

$Sk^*_{11} = (Y_{11} - \bar{Y})$

$= 84{,}00-74182$

$= 9{,}818$ mm

$Dy^2_1 = \frac{(yi-\bar{y})^2}{n}$

$= \frac{(Sk_1^*)^2}{n}$

$= \frac{(0{,}818\ )^2}{11}$

$= 0{,}061$

$Dy^2_2 = \frac{(Sk_2^*)^2}{n}$

$= \frac{(-4{,}182)^2}{11}$

$= 1{,}590$

$Dy^2_3 = \frac{(Sk_3^*)^2}{n}$

$= \frac{(-14{,}182)^2}{11}$

$= 18{,}284$

.

.

.

$Dy^2_{11} = \frac{(Sk_{11}^*)^2}{n}$

$= \frac{(9{,}818)^2}{11}$

$= 8{,}763$

$Dy^2 = \sum_{i=1}^{k} Dy^2$

$= 0{,}06 + 1{,}59 + 18{,}28 + 7{,}66 + 19{,}96 + 18{,}28 + 7{,}06 + 22{,}74 + 77{,}41 + 39{,}40 + 8{,}76$

$= 221{,}240$

$Dy = \sqrt{Dy^2}$

$= \sqrt{221{,}240}$

$= 14{,}87$

3. *Rescaled Adjusted Partial Sums* (Sk^{**})

$$Sk^{**} = \frac{(Sk^{*})^2}{Dy}$$

$$Sk^{**}_1 = \frac{(Sk^{*}_1)^2}{Dy}$$

$$= \frac{(0{,}818)^2}{14{,}87}$$

$$= 0{,}055$$

$$|Sk^{**}_1| = 0{,}055$$

$$Sk^{**}_2 = \frac{(Sk^{*}_1)^2}{Dy}$$

$$= \frac{(-4{,}182)^2}{14{,}87}$$

$$= -0{,}281$$

$$|Sk^{**}_2| = 0{,}281$$

$$Sk^{**}_3 = \frac{(Sk^{*}_1)^2}{Dy}$$

$$= \frac{(-14{,}182)^2}{14{,}87}$$

$$= -0{,}953$$

$$|Sk^{**}_3| = 0{,}953$$

.

.

.

$$Sk^{**}_{11} = \frac{(Sk^{*}_{11})^2}{Dy}$$

$$= \frac{(9{,}818)^2}{14{,}87}$$

$$= 0{,}660$$

$$|Sk^{**}_{11}| = 0{,}660$$

$$\text{Max } |Sk^{**}| = 1{,}962$$

$$\text{Min } |Sk^{**}| = 0{,}055$$

Tabel 4.11 Uji RAPS Stasiun Sumber

Uji RAPS Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan						
Stasiun Sumber						
No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Sk*	Dy²	Sk**	|Sk**|
1	2010	75,000	0,818	0,061	0,055	0,055
2	2011	70,000	-4,182	1,590	-0,281	0,281
3	2012	60,000	-14,182	18,284	-0,953	0,953
4	2013	65,000	-9,182	7,664	-0,617	0,617
5	2014	89,000	14,818	19,962	0,996	0,996
6	2015	60,000	-14,182	18,284	-0,953	0,953
7	2016	83,000	8,818	7,069	0,593	0,593
8	2017	90,000	15,818	22,747	1,063	1,063
9	2018	45,000	-29,182	77,416	-1,962	1,962
10	2019	95,000	20,818	39,400	1,400	1,400
11	2020	84,000	9,818	8,763	0,660	0,660
Jumlah		816,000	0,000	221,240	0,000	9,535
Rata-rata ($\bar{X}r$)		74,182	0,000	20,113	0,000	0,867
Maksimum		95,000	20,818	77,416	1,400	1,962
Minimum		45,000	-29,182	0,061	-1,962	0,055
n		11,000	11,000	11,000	11,000	11,000

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.12 Uji RAPS Stasiun Todanan

Uji RAPS Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan						
Stasiun Todanan						
No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Sk*	Dy²	Sk**	|Sk**|
1	2010	170,000	73,636	492,938	2,310	2,310
2	2011	76,000	-20,364	37,698	-0,639	0,639
3	2012	64,000	-32,364	95,219	-1,015	1,015
4	2013	80,000	-16,364	24,343	-0,513	0,513
5	2014	65,000	-31,364	89,425	-0,984	0,984
6	2015	113,000	16,636	25,161	0,522	0,522
7	2016	137,000	40,636	150,119	1,275	1,275
8	2017	85,000	-11,364	11,739	-0,356	0,356
9	2018	66,000	-30,364	83,814	-0,952	0,952
10	2019	102,000	5,636	2,888	0,177	0,177
11	2020	102,000	5,636	2,888	0,177	0,177
Jumlah		1060,000	0,000	1016,231	0,000	8,920
Rata-rata ($\bar{X}r$)		96,364	0,000	92,385	0,000	0,811
Maksimum		170,000	73,636	492,938	2,310	2,310
Minimum		64,000	-32,364	2,888	-1,015	0,177
n		11,000	11,000	11,000	11,000	11,000

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.13 Uji RAPS Stasiun Tunjungan

Uji RAPS Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan						
Stasiun Tunjungan						
No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Sk*	Dy²	Sk**	|Sk**|
1	2010	167,000	3,536	1,137	0,068	0,068
2	2011	65,000	-98,464	881,372	-1,899	1,899
3	2012	98,600	-64,864	382,481	-1,251	1,251
4	2013	183,200	19,736	35,411	0,381	0,381
5	2014	206,700	43,236	169,944	0,834	0,834
6	2015	218,400	54,936	274,364	1,060	1,060
7	2016	206,500	43,036	168,375	0,830	0,830
8	2017	147,100	-16,364	24,343	-0,316	0,316
9	2018	212,400	48,936	217,706	0,944	0,944
10	2019	198,000	34,536	108,433	0,666	0,666
11	2020	95,200	-68,264	423,629	-1,317	1,317
Jumlah		1798,100	0,000	2687,195	0,000	9,566
Rata-rata ($\bar{X}r$)		163,464	0,000	244,290	0,000	0,870
Maksimum		218,400	54,936	881,372	1,060	1,899
Minimum		65,000	-98,464	1,137	-1,899	0,068
n		11,000	11,000	11,000	11,000	11,000

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.14 Uji RAPS Stasiun Lawungan

Uji RAPS Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan						
Stasiun Lawungan						
No	Tahun	Curah Hujan Max (mm)	Sk*	Dy²	Sk**	|Sk**|
1	2010	60,000	5,091	2,356	0,405	0,405
2	2011	40,000	-14,909	20,207	-1,187	1,187
3	2012	50,000	-4,909	2,191	-0,391	0,391
4	2013	70,000	15,091	20,703	1,202	1,202
5	2014	65,000	10,091	9,257	0,804	0,804
6	2015	56,000	1,091	0,108	0,087	0,087
7	2016	67,000	12,091	13,290	0,963	0,963
8	2017	74,000	19,091	33,133	1,520	1,520
9	2018	41,000	-13,909	17,588	-1,108	1,108
10	2019	38,000	-16,909	25,992	-1,346	1,346
11	2020	43,000	-11,909	12,893	-0,948	0,948
Jumlah		604,000	0,000	157,719	0,000	9,961
Rata-rata ($\bar{X}r$)		54,909	0,000	14,338	0,000	0,906
Maksimum		74,000	19,091	33,133	1,520	1,520
Minimum		38,000	-16,909	0,108	-1,346	0,087
n		11,000	11,000	11,000	11,000	11,000

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. *Range* (R)

Max $|Sk^{**}|$ = 1,962

Min $|Sk^{**}|$ = 0,055

Q = max $|Sk^{**}|$

= 1,962

$\frac{Q}{\sqrt{n}} = \frac{Q}{\sqrt{n}}$

$= \frac{1,962}{\sqrt{11}}$

= 0,57

R = max $|Sk^{**}|$ - min $|Sk^{**}|$

= 1,962 – 0,055

= 1,907

$\frac{R}{\sqrt{n}} = \frac{R}{\sqrt{n}}$

$= \frac{1,907}{\sqrt{11}}$

= 0,57

Gambar 4.5 Nilai R dan Q Hasil Perhitungan

No	Indikator	Uji RAPS			
		Sumber	Todanan	Tunjungan	Lawungan
1	Dy^2	221,240	1016,231	2687,195	157,719
2	Dy	14,874	31,878	51,838	12,559
3	Max|Sk**|	1,962	2,310	1,899	1,520
4	Min|Sk**|	0,055	0,177	0,068	0,087
5	Q	1,962	2,310	1,899	1,520
6	R	1,907	2,133	1,831	1,433
7	$R/\sqrt{n}$	0,59	0,70	1,06	1,06
8	$Q/\sqrt{n}$	0,57	0,64	1,22	1,22

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Interpolasi nilai $Q_{(teoritis)}$

   n : 11 (tahun) diantara 10-20

   Dari tabel 4.15 didapatkan nilai :

   n = 10 → $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ 90% = 1,05

   n = 20 → $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ 90% = 1,10

   maka

   n = 11 → $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ 90% = $1{,}05 + \left(\frac{(1{,}10-1{,}05)*(11-10)}{(20-10)}\right)$

   = 1,06

6. Interpolasi nilai $R_{(teoritis)}$

   n : 11 (tahun) diantara 10-20

   Dari tabel 4.15 didapatkan nilai :

   n = 10 → $\frac{R}{\sqrt{n}}$ 90% = 1,21

   n = 20 → $\frac{R}{\sqrt{n}}$ 90% = 1.34

   maka

   n = 11 → $\frac{R}{\sqrt{n}}$ 90% = $1{,}21 + \left(\frac{(1{,}34-1{,}21)*(11-10)}{(20-10)}\right)$

   = 1,22

Tabel 4.15 Nilai Q dan R

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
∞	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

(Sumber: Sri Harto Br, 2009)

7. Ketentuan

a. Jika nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Teritis) lebih besar dari hasil analisa $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan) maka data curah hujan dapat diterima, jika $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Teritis) lebih kecil maka tidak dapat diterima.

$\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Teritis) > $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan).....(Diterima)

$\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Teritis) < $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan)..... (Tidak Diterima)

b. Jika nilai $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Teritis) lebih besar dari hasil analisa $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan) maka data curah hujan dapat diterima, jika $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Teritis) lebih kecil maka tidak dapat diterima.

$\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Teritis) > $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan).....(Diterima)

$\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Teritis) < $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan)..... (Tidak Diterima)

8. Kesimpulan

a. $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Teritis) > $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan) .....(Diterima)

1,06 > 0,59.....(Diterima)

b. $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Teritis) > $\frac{R}{\sqrt{n}}$ (Perhitungan) .....(Diterima)

1,22 > 0,57.....(Diterima)

Kemudian untuk Kesimpulan dari hasil perhitungan uji *Rescaled Adjusted Partial Sums* masing-masing stasiun curah hujan sebagai berikut:

Tabel 4.16 Kesimpulan Uji *Rescaled Adjusted Partial Sums*

No	Stasiun	Indikator	Perhitungan	Teoritis	Persen	Hasil
1	Sumber	R/√n	0,59	1,06	90%	Diterima
		Q/√n	0,57	1,22	90%	Diterima
2	Todanan	R/√n	0,70	1,06	90%	Diterima
		Q/√n	0,64	1,22	90%	Diterima
3	Tunjungan	R/√n	0,57	1,06	90%	Diterima
		Q/√n	0,55	1,22	90%	Diterima
4	Lawungan	R/√n	0,46	1,06	90%	Diterima
		Q/√n	0,43	1,22	90%	Diterima

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.1.2.2. Ambang *ountlier*

Berikut adalah perhitungan metode ambang *Outlier* pada stasiun curah hujan Sumber.

1. Log retata curah hujan (Log (R))

X = Log (R)

X_1 = Log (R_1)

= Log (75)

= 1,875 mm

X_2 = Log (R_2)

= Log (70)

= 1,845 mm

X_3 = Log (R_3)

= Log (60)

= 1,778 mm

X_4 = Log (R_4)

= Log (65)

= 1,813 mm

.

.

.

X_{11} = Log (R_{11})

= Log (84)

= 1,924 mm

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X}{n}$$

$$= \frac{1,87+1,84+1,77+1,81+1,94+1,77+1,91+1,95+1,65+1,97+1,92}{11}$$

$$= \frac{20,467}{11}$$

= 1,861 mm

$(Sk^*_1)^2 = (X_1 - \bar{X})^2$

$= (1{,}875\text{-}1{,}861)^2$

$= 0{,}0002073$ mm

$(Sk^*_2)^2 = (X_2 - \bar{X})^2$

$= (1{,}845\text{-}1{,}861)^2$

$= 0{,}0002423$ mm

$(Sk^*_3)^2 = (X_3 - \bar{X})^2$

$= (1{,}778\text{-}1{,}861)^2$

$= 0{,}0068083$ mm

$(Sk^*_4)^2 = (X_4 - \bar{X})^2$

$= (1{,}813\text{-}1{,}861)^2$

$= 0{,}0022801$ mm

$(Sk^*_5)^2 = (X_5 - \bar{X})^2$

$= (1{,}949\text{-}1{,}861)^2$

$= 0{,}0078723$ mm

.

.

.

$(Sk^*_{11})^2 = (X_{11} - \bar{X})^2$

$= (1{,}924\text{-}1{,}861)^2$

$= 0{,}0040469$ mm

X Max = 95,000 mm

X Min = 45,000 mm

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Tabel 4.17 Uji *Outlier* Stasiun Sumber

Uji *Outlier* Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Sumber				
No	Tahun	Curah Hujan Max (R)	X= Log R	$(X-\bar{X}r)^2$
1	2010	75,000	1,875	0,0002073
2	2011	70,000	1,845	0,0002423
3	2012	60,000	1,778	0,0068083
4	2013	65,000	1,813	0,0022801
5	2014	89,000	1,949	0,0078723
6	2015	60,000	1,778	0,0068083
7	2016	83,000	1,919	0,0034122
8	2017	90,000	1,954	0,008757
9	2018	45,000	1,653	0,043036
10	2019	95,000	1,978	0,013703
11	2020	84,000	1,924	0,0040469
Jumlah		816,000	20,467	0,097
Rata-rata ($\bar{X}r$)		74,182	1,861	0,009
R Maksimum		95,000	1,978	0,043
R Minimum		45,000	1,653	0,000
n		11	11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.18 Uji *Outlier* Stasiun Todanan

Uji *Outlier* Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Todanan				
No	Tahun	Curah Hujan Max (R)	X= Log R	$(X-\bar{X}r)^2$
1	2010	170,000	2,230	0,0717037
2	2011	76,000	1,881	0,006701
3	2012	64,000	1,806	0,0244902
4	2013	80,000	1,903	0,0035502
5	2014	65,000	1,813	0,0224281
6	2015	113,000	2,053	0,0081731
7	2016	137,000	2,137	0,0302924
8	2017	85,000	1,929	0,0011059
9	2018	66,000	1,820	0,0204861
10	2019	102,000	2,009	0,0021093
11	2020	102,000	2,009	0,0021093
Jumlah		1060,000	21,589	0,193
Rata-rata ($\bar{X}r$)		96,364	1,963	0,018
R Maksimum		170,000	2,230	0,072
R Minimum		64,000	1,806	0,001
n		11	11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.19 Uji *Outlier* Stasiun Tunjungan

Uji *Outlier* Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Tunjungan				
No	Tahun	Curah Hujan Max (R)	X= Log R	$(X-\bar{X}r)^2$
1	2010	167,000	2,223	0,0014431
2	2011	65,000	1,813	0,1382466
3	2012	98,600	1,994	0,0364244
4	2013	183,200	2,263	0,0061147
5	2014	206,700	2,315	0,0170595
6	2015	218,400	2,339	0,0238777
7	2016	206,500	2,315	0,0169498
8	2017	147,100	2,168	0,000293
9	2018	212,400	2,327	0,0202851
10	2019	198,000	2,297	0,0125298
11	2020	95,200	1,979	0,0424738
Jumlah		1798,100	24,032	0,316
Rata-rata ($\bar{X}r$)		163,464	2,185	0,029
R Maksimum		218,400	2,339	0,138
R Minimum		65,000	1,813	0,000
n		11	11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.20 Uji *Outlier* Stasiun Lawungan

Uji *Outlier* Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan Stasiun Lawungan				
No	Tahun	Curah Hujan Max (R)	X= Log R	$(X-\bar{X}r)^2$
1	2010	60,000	1,778	0,0025268
2	2011	40,000	1,602	0,0158317
3	2012	50,000	1,699	0,000836
4	2013	70,000	1,845	0,0137392
5	2014	65,000	1,813	0,00723
6	2015	56,000	1,748	0,0004123
7	2016	67,000	1,826	0,0096414
8	2017	74,000	1,869	0,0199792
9	2018	41,000	1,613	0,013248
10	2019	38,000	1,580	0,0219337
11	2020	43,000	1,633	0,0089143
Jumlah		604,000	19,007	0,114
Rata-rata ($\bar{X}r$)		54,909	1,728	0,010
R Maksimum		74,000	1,869	0,022
R Minimum		38,000	1,580	0,000
n		11	11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Standar deviasi (S)

$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X}r)^2}{n-1}$

$= \frac{0,097}{11-1}$

$= \frac{0,097}{10}$

$= 0,0097$

$S = \sqrt{S^2}$

$= \sqrt{0,0097^2}$

$= 0,0986$

3. Harga ambang batas

n = 11

Kn = 2,088 (Dari tabel 4.21)

Tabel 4.21 Nilai Kn berdasarkan n

Sample Size n	Kn	Sample Size n	Kn	Sample Size n	Kn	Sample Size n	Kn
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,486	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,7	80	2,94
15	2,247	29	2,549	43	2,71	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,76	130	3,104
22	2,429	36	2,390	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

(Sumber: U.S Water Resources Council, 1981)

a. Ambang batas atas

X_H = exp(X+kn.S)

= exp(1,861+2,088*0,0986)

= exp(2,0665)

= 116,545 mm

b. Ambang batas bawah

X_L = exp(X-kn.S)

= exp(1,861-2,088*0,0986)

= exp(1,65484)

= 45,168 mm

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Uji *Outlier*

No	Indikator	Uji *Outlier*			
		Sumber	Todanan	Tunjungan	Lawungan
1	n	11,000	11,000	11,000	11,000
2	Kn	2,088	2,088	2,088	2,088
3	Xr	1,861	1,963	2,185	1,728
4	R Maksimum	95,000	170,000	218,400	74,000
5	R Minimum	45,000	64,000	65,000	38,000
6	S^2	0,0097	0,0193	0,0316	0,0114
7	S	0,0986	0,1390	0,1777	0,1069
8	XH	116,545	179,003	359,519	1,951
9	XL	45,168	47,042	65,123	31,964

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Ketentuan

a. Jika X_H lebih besar dari nilai RMaksimum maka data RMaksimum dapat digunakan, Namun bila X_H lebih kecil dari Rmaksimum maka Rmaksimum tidak dapat digunakan.

X_H > RMaksimum.....(Rmax Digunakan)

X_H < RMaksimum.....(Rmax Tidak Digunakan)

b. Jika XL lebih kecil dari nilai Rminimum maka data RMinimum dapat digunakan, Namun bila XL lebih besar dari Rminimum maka Rminimum tidak dapat digunakan.

XL < RMinimum ..... (Rmin Digunakan)

XL > RMinimum ..... (Rmin Tidak Digunakan)

5. Kesimpulan

a. Ambang atas

X_H > RMaksimum.....(Rmax Digunakan)

X_H < RMaksimum....(Rmax Tidak Digunakan)

116,545 > 95,000 .....(Rmax Digunakan)

b. Ambang bawah

X_L < RMinimum..... (Rmin Digunakan)

X_L > RMinimum..... (Rmin Tidak Digunakan)

45,168 > 45,000..... (Rmin Tidak Digunakan)

Kemudian untuk kesimpulan dari hasil perhitungan uji *Outlier* masing-masing stasiun curah hujan sebagai berikut:

Tabel 4.23 Kesimpulan Hasil Pengujian *Outlier*

No	Stasiun	Ambang	Indikator			Hasil	
1	Sumber	Atas	XH	:	116,545	R Max	Digunakan
			R Max	:	95,000		
		Bawah	XL	:	45,168	R Min	Tidak Digunakan
			R Min	:	45,000		
2	Todanan	Atas	XH	:	179,003	R Max	Digunakan
			R Max	:	170,000		
		Bawah	XL	:	47,042	R Min	Digunakan
			R Min	:	64,000		
3	Tunjungan	Atas	XH	:	359,519	R Max	Digunakan
			R Max	:	218,400		
		Bawah	XL	:	65,123	R Min	Tidak Digunakan
			R Min	:	65,000		
4	Lawungan	Atas	XH	:	1,951	R Max	Digunakan
			R Max	:	74,000		
		Bawah	XL	:	31,964	R Min	Digunakan
			R Min	:	38,000		

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.1.3 Analisa Wilayah Persebaran Curah Hujan

Analisa wilayah persebaran curah hujan didapat dengan cara membagi wilayah daerah pengaliran sungai (DPS) menggunakan metode *polygon thiesen*. Metode ini cocok digunakan untuk wilayah analisa yang tidak memperhitungkan kondisi topografi dan stasiun curah hujan yang letaknya tidak tesebar secara merata di wilayah DAS.

Analisa pembagian luasan area DAS menggunakan metode *polygon* dapat dilakukan apabila memiliki minimal tiga stasiun curah hujan atau lebih, kemudian apabila terdapat perubahan jumlah stasiun dapat merubah secara keseluruhan luasan jaringan.

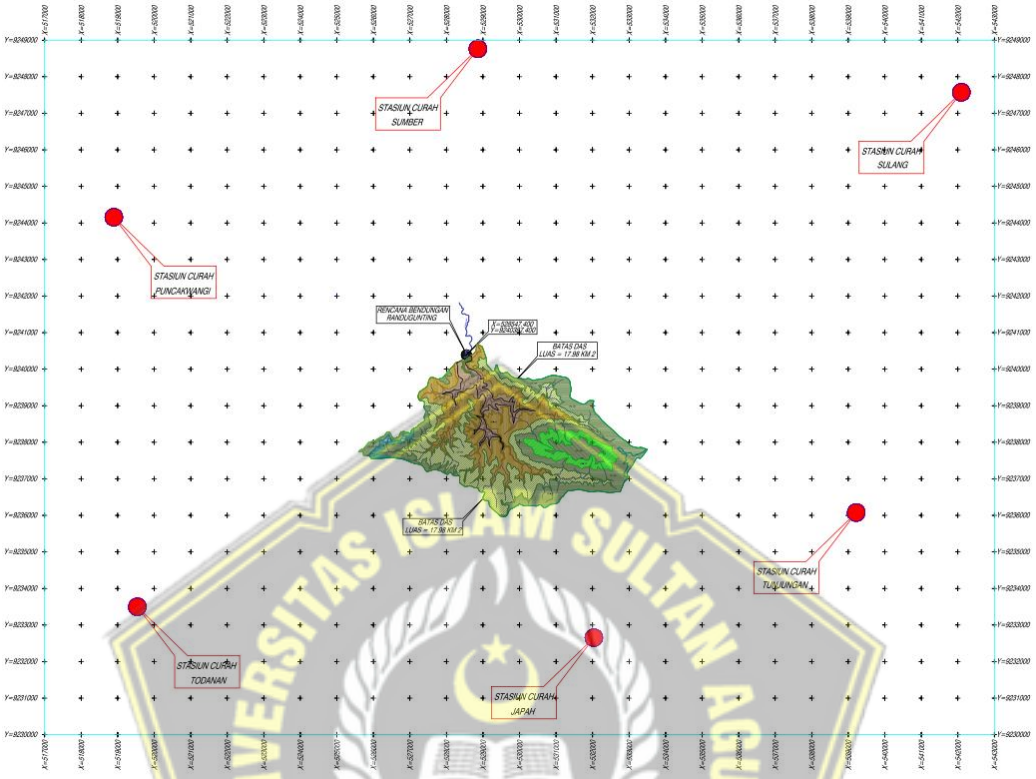
Dalam analisa perhitungan *polygon thiesen* pada laporan tugas akhir ini digunakan Peta yang digunakan adalah Peta Daerah Tangkapan Air Randugunting Tahun 2015 dari BBWS Pemali Juana. Sebelum melakukan analisa perhitungan perlu menentukan stasiun curah hujan mana yang akan digunakan kita perlu mengetahui lokasi masing-masing stasiun yang ada di wilayah DAS Randugunting.

Lokasi Stasiun berupa koordinat didapat melalui *website* yang dikelola oleh BBWS Pemali Juana. Koordinat masing-masing lokasi terdapat pada tabel 4.1. Dari tujuh stasiun curah hujan yang ada di wilayah DAS Randugunting tidak semua dapat digunakan karena ketersediaan data yang tersedia. Berdasarkan ketersediaan data selama 11 tahun terakhir dari tahun 2010-2020 didapatkan empat stasiun yang memiliki data yang lengkap. Ketersediaan data curah hujan masing-masing stasiun terdapat pada tabel 4.2.

Pada permulaannya dalam penulisan laporan tugas akhir ini direncanakan analisa *polygon thiesen* menggunakan 4 (empat) stasiun curah hujan. Berikut adalah stasiun curah hujan yang memiliki ketersediaan data curah hujan yang lengkap yaitu: Stasiun Curah Sumber, Stasiun Curah Tunjungan, Stasiun Curah Todanan, dan Stasiun Curah Lawungan, namun dalam proses analisanya didapati salah satu lokasi stasiun curah tidak memberikan kontribusi dalam area pembagian polygon. Sehingga disepakati hannya menggunakan 3 (tiga) stasiun curah hujan yaitu Stasiun Curah Sumber, Stasiun Curah Todanan dan Stasiun Curah Tunjungan.

Berikut adalah cara pembagian wilayah menurut *metode polygon thiesen* menggunakan bantuan *software AutoCAD*.

4.1.3.1. Tentukan letak koordinat masing-masing stasiun curah hujan



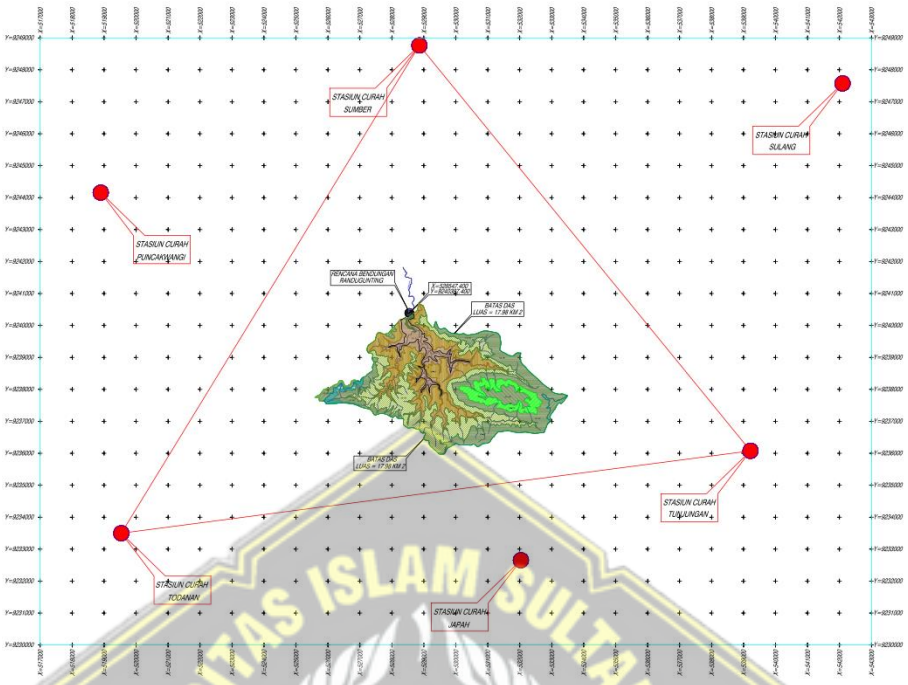
Gambar 4.6 Letak Koordinat Stasiun Curah Hujan

Tabel 4.24 Letak Stasiun Hujan DAS Randugunting

No	Stasiun	Koordinat		Lokasi
1	Sumber	X:	528859.00	Desa Sumber, Kec. Sumber, Kab. Rembang
		Y:	9248763.00	
2	Todanan	X:	519536.82	Desa Todanan, Kec. Todanan, Kab. Blora
		Y:	9233497.44	
3	Tunjungan	X:	539217.74	Desa Tunjungan, Kec. Tunjungan, Kab. Blora
		Y:	9236075.14	

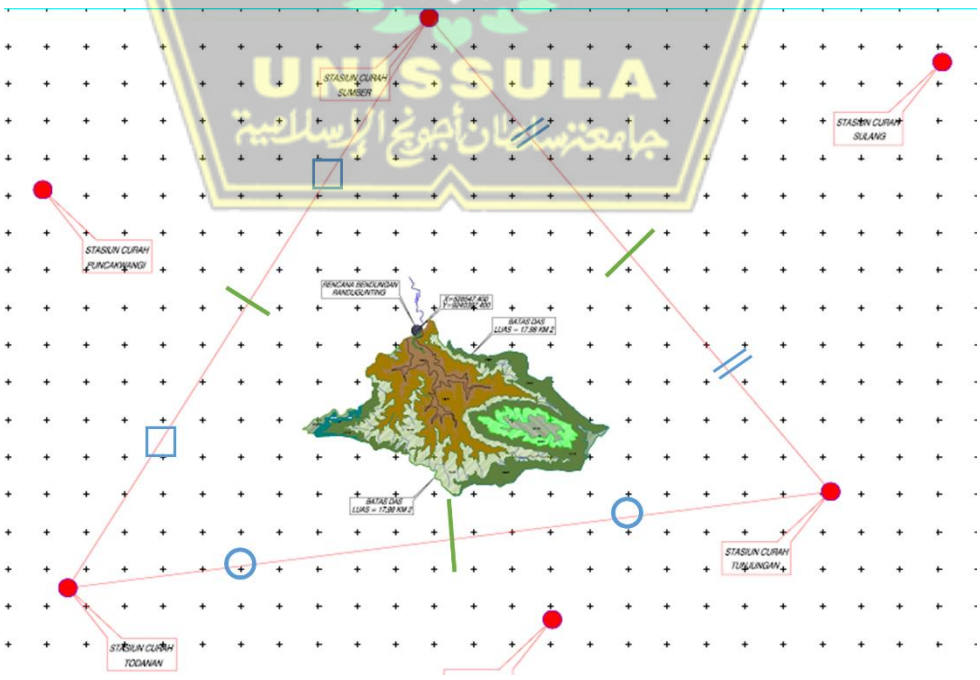
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konservasi Akhir Randugunting))

4.1.3.2. Menghubungkan masing-masing stasiun curah hujan dengan garis lurus.



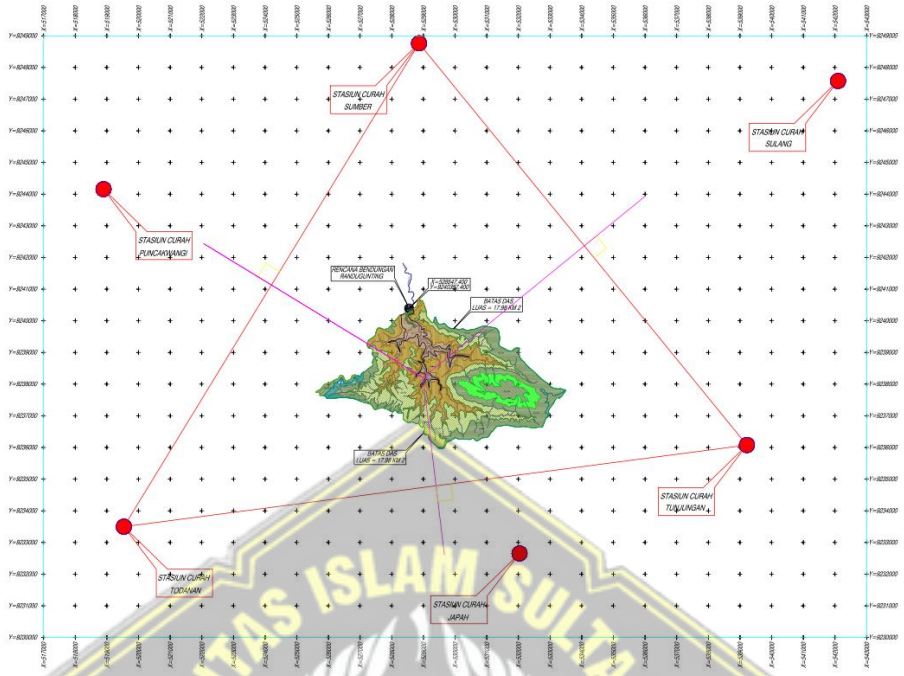
Gambar 4.7 Mengubungkan Antar Stasiun

4.1.3.3. Garis lurus yang menghubungkan masing-masing stasiun dibagi menjadi dua bagian sama panjang, kemudian didapatkan titik tengah antara kedua stasiun.



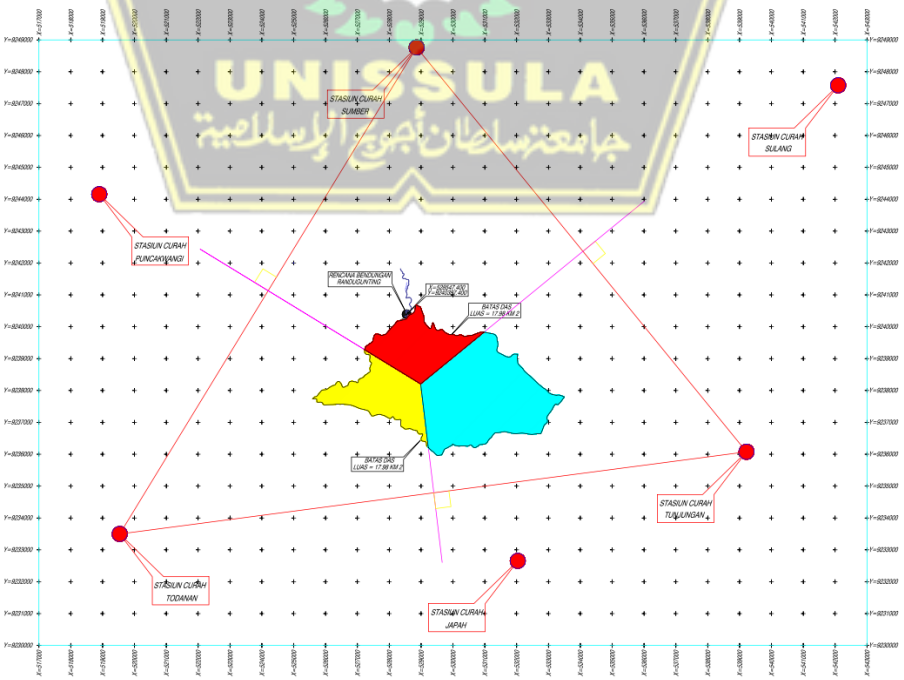
Gambar 4.8 Membagi Garis Hubung Sama Panjang

4.1.3.4. Dari titik tengah tersebut kemudian ditarik garis tegak lurus dari garis yang menghubungkan dua stasiun.



Gambar 4.9 Menarik Garis Tegak Lurus

4.1.3.5. Kemudian menggunakan bantuan *software AutoCAD* dapat diketahui luasan masing-masing wilayah persebaran curah hujan.



Gambar 4.10 Luasan Area Cakupan Stasiun Curah Hujan

Tabel 4.25 Luasan Area Cakupan Stasiun Curah Hujan

No	Stasiun	Lokasi	No. Stasiun	Luasan (Km²)
1	Sumber	Desa Sumber, Kec. Sumber, Kab. Rembang	RB 002	3,90
2	Todanan	Desa Todanan, Kec. Todanan, Kab. Blora	R 13	4,02
3	Tunjungan	Desa Tunjungan, Kec. Tunjungan, Kab. Blora	R 14	10,06
Total				17,981

(Sumber: Hasil Analisa *AutoCAD*, 2021)

4.1.3.6. Analisa Koefisien Luasan (Ci)

$$Ci = \frac{A}{\Sigma A} X\ 100\%$$

Keterangan:

Ci : Koefisien luasan

A : Luas area stasiun curah hujan

ΣA : Total luas area stasiun curah hujan

1. Koefisien Luas Area Stasiun Sumber

$$Ci_1 = \frac{A1}{\Sigma A} X\ 100\%$$

$$= \frac{3,90}{17,981} X\ 100\%$$

$$= 0,217$$

2. Koefisien Luas Area Stasiun Todanan

$$Ci_2 = \frac{A2}{\Sigma A} X\ 100\%$$

$$= \frac{4,02}{17,981} X\ 100\%$$

$$= 0,224$$

3. Koefisien Luas Area Stasiun Tunjungan

$$Ci_3 = \frac{A3}{\Sigma A} X\ 100\%$$

$$= \frac{10,06}{17,981} X\ 100\%$$

$$= 0,560$$

4. Total Koefisien Luasan (ΣCi)

$$\Sigma Ci = Ci_1 + Ci_2 + Ci_3$$

$$= 0,217+0,224+0,560$$

$$= 1,000$$

4.1.4 Analisa Peresebaran (Distribusi) Curah Hujan

$R_1 * Ci_1 = 75{,}000 * 0{,}217$

$= 16{,}259$

$R_2 * Ci_2 = 170{,}000 * 0{,}224$

$= 38{,}021$

$R_3 * Ci_3 = 167{,}000 * 0{,}560$

$= 93{,}446$

$\Sigma(R*Ci) = R_1*Ci_1 + R_2*Ci_2 + R_3*Ci_3$

$= 16{,}259 + 38{,}021 + 93{,}446$

$= 147{,}726$

Tabel 4.26 Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

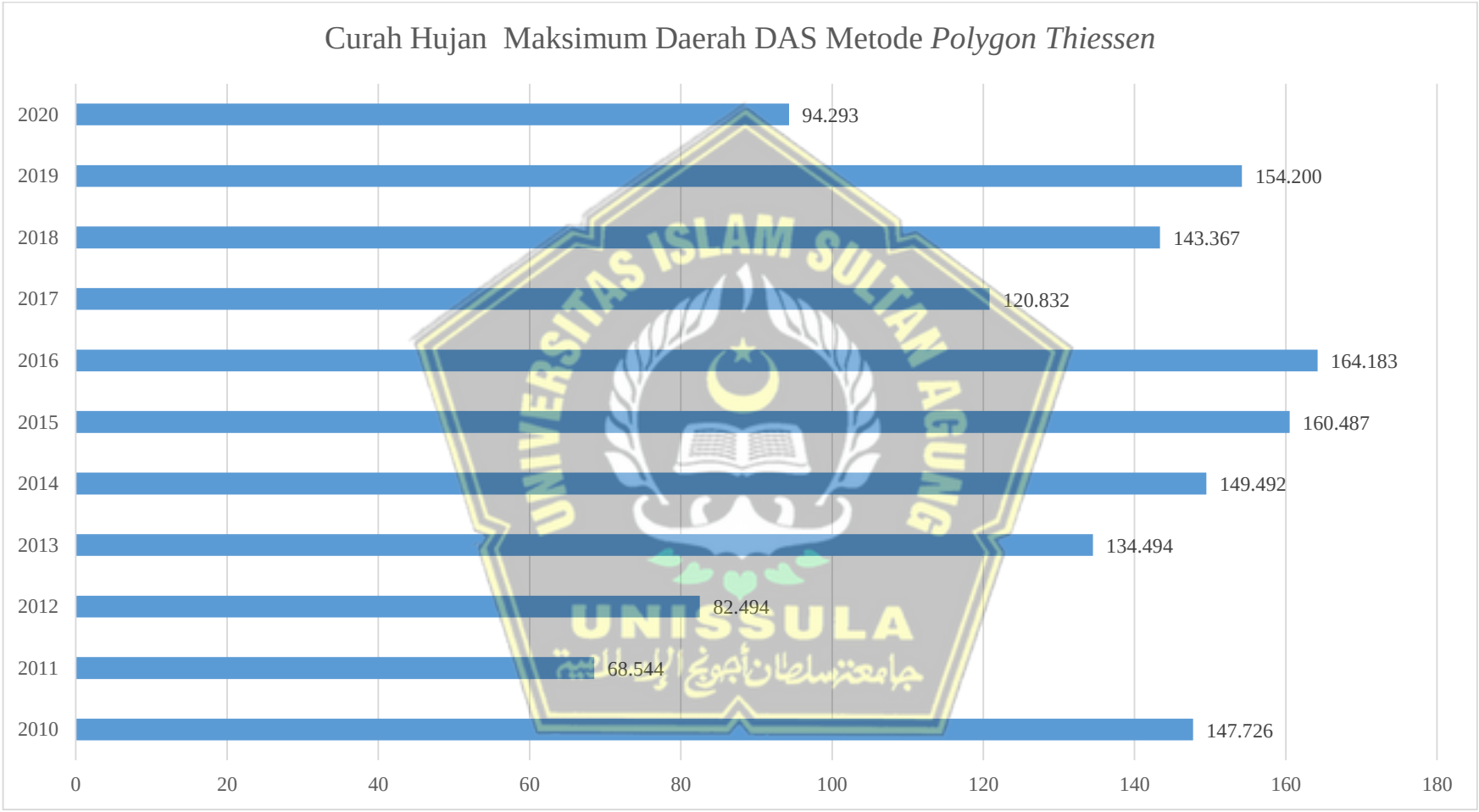
Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan				
No	Tahun	Stasiun Sumber	Stasiun Lawungan	Stasiun Todanan
		R_1 (mm)	R_2 (mm)	R_3 (mm)
1	2010	75,000	170,000	167,000
2	2011	70,000	76,000	65,000
3	2012	60,000	64,000	98,600
4	2013	65,000	80,000	183,200
5	2014	89,000	65,000	206,700
6	2015	60,000	113,000	218,400
7	2016	83,000	137,000	206,500
8	2017	90,000	85,000	147,100
9	2018	45,000	66,000	212,400
10	2019	95,000	102,000	198,000
11	2020	84,000	102,000	95,200
Jumlah		816,000	1060,000	1798,100
Rata-rata ($\bar{X}r$)		74,182	96,364	163,464
Rata-rata ($\bar{X}r$)		95,000	170,000	218,400
Minimum		45,000	64,000	65,000
n		11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.27 Curah Hujan Maksimum Area DAS Metode *Polygon Thiessen*

No	Tahun	Stasiun Sumber	Stasiun Lawungan	Stasiun Todanan	Curah Hujan Max	Urutan Curah Hujan Max
		R_1*Ci_1 (mm)	R_2*Ci_2 (mm)	R_3*Ci_3 (mm)	$\Sigma(R*Ci)$ (mm)	(mm)
1	2010	16,259	38,021	93,446	147,726	164,183
2	2011	15,175	16,998	36,371	68,544	160,487
3	2012	13,007	14,314	55,172	82,494	154,200
4	2013	14,091	17,892	102,511	134,494	149,492
5	2014	19,294	14,537	115,660	149,492	147,726
6	2015	13,007	25,273	122,207	160,487	143,367
7	2016	17,994	30,641	115,549	164,183	134,494
8	2017	19,511	19,011	82,311	120,832	120,832
9	2018	9,756	14,761	118,850	143,367	94,293
10	2019	20,595	22,813	110,792	154,200	82,494
11	2020	18,210	22,813	53,270	94,293	68,544
Jumlah		176,900	237,073	1006,139	1420,112	1420,112
Rata-rata ($\bar{X}r$)		16,082	21,552	91,467	129,101	129,101
Rata-rata ($\bar{X}r$)		20,595	38,021	122,207	164,183	164,183
Minimum		9,756	14,314	36,371	68,544	68,544
n		11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.11 Curah Hujan Maksimum Area DAS Metode *Polygon Thiessen*

4.2 Analisa Perhitungan Metode Distribusi Hujan Rancangan

4.2.1 Metode Distribusi Gumbel

n = 11

Yn = 0,4996 (Dari tabel 4.28)

Sn = 0,9676 (Dari tabel 4.29)

Tabel 4.28 Tabel Harga *Reduced Mean* (Yn)

n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
1	0,4952	33	0,5388	56	0,5508	79	0,5567
11	0,4996	34	0,5396	57	0,5511	80	0,5596
12	0,5035	35	0,5403	58	0,5515	81	0,5570
13	0,5070	36	0,5410	59	0,5518	82	0,5572
14	0,5100	37	0,4513	60	0,5521	83	0,5574
15	0,5128	38	0,5424	61	0,5524	84	0,5576
16	0,5157	39	0,5430	62	0,5527	85	0,5578
17	0,5181	40	0,5436	63	0,5536	86	0,5580
18	0,5202	41	0,5442	64	0,5538	87	0,5581
19	0,5220	42	0,5448	65	0,5540	88	0,5583
20	0,5236	43	0,5453	66	0,5538	89	0,5585
21	0,5252	44	0,5458	67	0,5540	90	0,5586
22	0,5268	45	0,5463	68	0,5543	91	0,5587
23	0,5283	46	0,5468	69	0,5545	92	0,5589
24	0,5296	47	0,5473	70	0,5548	93	0,5590
25	0,5309	48	0,5477	71	0,5550	94	0,5592
26	0,5320	49	0,5481	72	0,5552	95	0,5593
27	0,5332	50	0,5485	73	0,5555	96	0,5595
28	0,5343	51	0,5489	74	0,5557	97	0,5596
29	0,5453	52	0,5493	75	0,5559	98	0,5598
30	0,5362	53	0,5497	76	0,5561	99	0,5599
31	0,5371	54	0,5501	77	0,5563	100	0,56
32	0,5280	55	0,5504	78	0,5565		

(Sumber: Soewarno, 1995:129)

Tabel 4.29 Tabel Harga *Reduced Deviation* (Sn)

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
1	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9833	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,1316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0686	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,0961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,2060
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

(Sumber: Soewarno, 1995:129)

Berikut adalah tahapan perhitungan analisa distribusi curah hujan menggunakan metode *gumbel*.

4.2.1.1. Rata-rata ($\bar{X}$)

n = 11

$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X}{n}$

$= \frac{147,72+68,54+82,49+134,44+149,49+160,48+164,18+120,83+143,36+154,20+94,29}{11}$

$= \frac{1420,11}{11}$

= 129,101 mm

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^2$ = 10960,453

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^3$ = -258151,259

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^4$ = 22856820,266

4.2.1.2. Standar deviasi (S)

$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X})^2}{n-1}$

$= \frac{10960,453}{11-1}$

$= \frac{10960,453}{10}$

= 1096,045

$S = \sqrt{S^2}$

$= \sqrt{1096,045^2}$

= 33,107

4.2.1.3. Koefisien variasi (Cv)

$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$

$= \frac{33,107}{129,101}$

= 0,256

4.2.1.4. Koefisien kemelencengan (Cs)

$$Cs = \frac{\sum(X-\bar{X})^3 * n}{(n-1)*(n-2)*S^3}$$

$$= \frac{-258151{,}259*11}{(11-1)*(11-2)*33{,}107^3}$$

$$= -0.870$$

4.2.1.5. Koefisien ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{\sum(X-\bar{X})^4 * n^2}{(n-1)*(n-2)(n-3)*S^4}$$

$$= \frac{22856820{,}266 * 11^2}{(11-1)*(11-2)(11-3)*33{,}107^4}$$

$$= 3{,}198$$

Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan reduksi varian, faktor frekuensi dan curah hujan rencana untuk kala hujan periode ulang 2 tahunan metode *gumbel* sebagai berikut:

4.2.1.6. Reduksi varian (Yt)

$$Yt = -ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$$

$$= -ln\left[ln\left(\frac{2}{2-1}\right)\right]$$

$$= -ln[\ln(2{,}00)]$$

$$= 0{,}367$$

4.2.1.7. Faktor frekuensi (k)

$$k = \frac{Yt-Yn}{Sn}$$

$$= \frac{0{,}367-0{,}500}{0{,}968}$$

$$= -0{,}138$$

4.2.1.8. Curah hujan rencana (Xt)

$$Xt = \bar{X} + k * S$$

$$= 129{,}101 + (-0{,}138) * 33{,}107$$

$$= 124{,}548 \text{ mm}$$

Kemudian untuk hasil perhitungan analisa persebaran distribusi curah hujan menggunakan metode *gumbel* lainnya ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.30 Analisa Distribusi Metode *Gumbel*

Analisa Distribusi Metode *Gumbel*							
No	Tahun	Curah Hujan Max (X) (mm)	$X_{(Pengurutan)}$ (mm)	$X - \bar{X}$ (mm)	$(X - \bar{X})^2$ (mm^2)	$(X - \bar{X})^3$ (mm^3)	$(X - \bar{X})^4$ (mm^4)
1	2010	147,726	164,18	35,08	1230,71	43175,04	1514643,04
2	2011	68,544	160,49	31,39	985,10	30918,75	970426,33
3	2012	82,494	154,20	25,10	629,95	15811,02	396837,87
4	2013	134,494	149,49	20,39	415,79	8478,49	172885,28
5	2014	149,492	147,73	18,63	346,90	6461,05	120338,38
6	2015	160,487	143,37	14,27	203,50	2903,05	41413,34
7	2016	164,183	134,49	5,39	29,09	156,88	846,10
8	2017	120,832	120,83	-8,27	68,37	-565,34	4674,62
9	2018	143,367	94,29	-34,81	1211,62	-42174,43	1468021,28
10	2019	154,200	82,49	-46,61	2172,27	-101244,29	4718754,26
11	2020	94,293	68,54	-60,56	3667,15	-222071,48	13447979,76
Jumlah (ΣX)			1420,11	0,00	10960,45	-258151,26	22856820,27
Rata-rata ($\bar{X}$)			129,10	0,00	996,40	-23468,30	2077892,75
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.31 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode *Gumbel*

No	Periode Ulang (T)	T/(T-1)	Yt	k	Xt
1	2	2,000	0,367	-0,138	124,548
2	5	1,250	1,500	1,034	163,328
3	10	1,111	2,250	1,809	189,004
4	25	1,042	3,199	2,789	221,446
5	50	1,020	3,902	3,516	245,513
6	100	1,010	4,600	4,238	269,402
7	200	1,005	5,296	4,957	293,204
8	1000	1,001	6,907	6,622	348,340

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.2.2 Metode Distribusi Normal

n = 11

4.2.2.1. Rata-rata

n = 11

$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X}{n}$

$= \frac{147,72+68,54+82,49+134,44+149,49+160,48+164,18+120,83+143,36+154,20+94,29}{11}$

$= \frac{1420,11}{11}$

= 129,101 mm

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^2$ = 10960,453

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^3$ = -258151,259

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^4$ = 22856820,266

4.2.2.2. Standar deviasi

$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X})^2}{n-1}$

$= \frac{10960,453}{11-1}$

$= \frac{10960,453}{10}$

= 1096,045

$S = \sqrt{S^2}$

$= \sqrt{1096,045^2}$

= 33,107

4.2.2.3. Koefisien variasi (Cv)

$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$

$= \frac{33,107}{129,101}$

= 0,256

4.2.2.4. Koefisien kemelencengan (Cs)

$$Cs = \frac{\sum(X-\bar{X})^3 * n}{(n-1)*(n-2)*S^3}$$

$$= \frac{-258151{,}259*11}{(11-1)*(11-2)*33{,}107^3}$$

$$= -0{,}870$$

4.2.2.5. Koefisien ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{\sum(X-\bar{X})^4 * n^2}{(n-1)*(n-2)(n-3)*S^4}$$

$$= \frac{22856820{,}266 * 11^2}{(11-1)*(11-2)(11-3)*33{,}107^4}$$

$$= 3{,}198$$

Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan faktor frekuensi dan curah hujan rencana untuk kala hujan periode ulang 2 tahunan metode distribusi normal sebagai berikut

4.2.2.6. Faktor frekuensi (kt)

Nilai faktor reduksi untuk analisa distribusi curah hujan metode normal menggunakan nilai kt dari tabel yang dikemukakan oleh Gauss terdapat pada tabel 4.32. untuk nilai kt yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan perhitungan interpolasi.

$K_{2\ tahun}$ = 0,000

$K_{5\ tahun}$ = 0,840

$K_{10\ tahun}$ = 1,280

$K_{50\ tahun}$ = 2,050

$K_{100\ tahun}$ = 2,330

$K_{200\ tahun}$ = 2,580

$K_{1000\ tahun}$ = 3,090

$K_{25\ tahun}$ = tidak terdapat pada tabel

Nilai $K_{25\ tahun}$ tidak terdapat pada tabel 4.32 maka perlu dilakukan perhitungan interpolasi. K_{25} terletak diantara K_{20} dan K_{50} maka perhitungan interpolasi adalah sebgai berikut:

t = 20 → kt = 1,640

t = 50 → kt = 2,050

$K_{25\ tahun} = 1{,}640 + \left(\frac{(2{,}050-1{,}640)*(25-20)}{(50-20)}\right)$

= 1,708

Tabel 4.32 Variabel Reduksi Gauss (kt)

No	Tahun	K_t
1	1,001	-3,050
2	1,005	-2,580
3	1,010	-2,330
4	1,050	-1,640
5	1,110	-1,280
6	1,250	-0,840
7	1,330	-0,670
8	1,430	-0,520
9	1,670	-0,250
10	2,000	0,000
11	2,500	0,250
12	3,330	0,520
13	4,000	0,670
14	5,000	0,840
15	10,000	1,280
16	20,000	1,640
17	50,000	2,050
18	100,000	2,330
19	200,000	2,580
20	500,000	2,880
21	1000,000	3,090

(Sumber: Suripin, 2004)

4.2.2.7. Curah hujan rencana (Xt)

Perhitungan curah hujan rencana untuk kala ulang 2 tahun menggunakan metode distribusi normal sebagai berikut:

Xt = $\bar{X}$ + k * S

= 129,101 + (0,000) * 33,107

= 129,101 mm

Kemudian untuk hasil perhitungan analisa persebaran distribusi curah hujan metode distribusi normal lainnya ditampilkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.33 Analisa Distribusi Metode Normal

Analisa Distribusi Metode Normal							
No	Tahun	Curah Hujan Max (R) (mm)	$R_{(Pengurutan)}$ (mm)	$(X-\bar{X}r)$	$(X-\bar{X})^2$ (mm^2)	$(X-\bar{X}r)^3$ (mm^3)	$(X-\bar{X}r)^4$ (mm^4)
1	2010	147,726	164,18	35,08	1230,71	43175,04	1514643,04
2	2011	68,544	160,49	31,39	985,10	30918,75	970426,33
3	2012	82,494	154,20	25,10	629,95	15811,02	396837,87
4	2013	134,494	149,49	20,39	415,79	8478,49	172885,28
5	2014	149,492	147,73	18,63	346,90	6461,05	120338,38
6	2015	160,487	143,37	14,27	203,50	2903,05	41413,34
7	2016	164,183	134,49	5,39	29,09	156,88	846,10
8	2017	120,832	120,83	-8,27	68,37	-565,34	4674,62
9	2018	143,367	94,29	-34,81	1211,62	-42174,43	1468021,28
10	2019	154,200	82,49	-46,61	2172,27	-101244,29	4718754,26
11	2020	94,293	68,54	-60,56	3667,15	-222071,48	13447979,76
Jumlah (ΣX)			1420,11	0,00	10960,45	-258151,26	22856820,27
Rata-rata ($\bar{X}r$)			129,10	0,00	996,40	-23468,30	2077892,75
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.34 Curah Hujan Rencana Metode Normal

No	Periode Ulang (T)	Kt	Xt
1	2	0,000	129,101
2	5	0,840	156,911
3	10	1,280	171,478
4	25	1,708	185,658
5	50	2,050	196,970
6	100	2,330	206,239
7	200	2,580	214,516
8	1000	3,090	231,400

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.2.3 Metode Distribusi Log Normal

4.2.3.1. Rata-rata

n = 11

X = Log (R)

X_1 = Log (R_1)

= Log (164,183)

= 2,215

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X}{n}$$

$$= \frac{2,21+2,20+2,18+2,17+2,16+2,15+2,12+2,08+1,97+1,91+1,83}{11}$$

$$= \frac{23,047}{11}$$

= 2,095 mm

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^2$ = 0,166

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^3$ = -0,020

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^4$ = 0,006

4.2.3.2. Standar deviasi

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X})^2}{n-1}$$

$$= \frac{0,166}{11-1}$$

$$= \frac{0,166}{10}$$

= 0,017

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$= \sqrt{0,017^2}$$

= 0,129

4.2.3.3. Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$= \frac{0,129}{2,095}$$

= 0,061

4.2.3.4. Koefisien kemelencengan (Cs)

$$Cs = \frac{\sum(X-\bar{X})^3 * n}{(n-1)*(n-2)*S^3}$$

$$= \frac{-0{,}020*11}{(11-1)*(11-2)*0{,}129^3}$$

$$= -1{,}136$$

4.2.3.5. Koefisien ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{\sum(X-\bar{X})^4 * n^2}{(n-1)*(n-2)(n-3)*S^4}$$

$$= \frac{0{,}006 * 11^2}{(11-1)*(11-2)(11-3)*0{,}129^4}$$

$$= 3{,}830$$

Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan faktor frekuensi, dan curah hujan rencana untuk kala hujan periode ulang 2 tahunan metode distribusi log normal sebagai berikut:

4.2.3.6. Faktor frekuensi (kt)

$K_{2\ tahun}$ = 0,000

$K_{5\ tahun}$ = 0,840

$K_{10\ tahun}$ = 1,280

$K_{50\ tahun}$ = 2,050

$K_{100\ tahun}$ = 2,330

$K_{200\ tahun}$ = 2,580

$K_{1000\ tahun}$ = 3,090

$K_{25\ tahun}$ = tidak terdapat pada tabel

Nilai $K_{25\ tahun}$ tidak terdapat pada tabel 4.32 maka perlu dilakukan perhitungan interpolasi. K_{25} terletak diantara K_{20} dan K_{50} maka perhitungan interpolasi sebagai berikut:

t = 20 → kt = 1,640

t = 50 → kt = 2,050

$$K_{25\ tahun} = 1{,}640 + \left(\frac{(2{,}050-1{,}640)*(25-20)}{(50-20)}\right)$$

$$= 1{,}708$$

4.2.3.7. Curah hujan rencana (Xt)

Log Xt = $\bar{X}$ + k * S

= 2,10 + (0) * 0,129

= 2,10

Xt = exp (Log Xt)

= exp (2,10)

= 124,5070

Tabel 4.35 Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

No	Periode Ulang (T)	Kt	Log Xt	Xt
1	2	0,000	2,10	124,5070
2	5	0,840	2,20	159,7199
3	10	1,280	2,26	181,9772
4	25	1,708	2,32	206,6201
5	50	2,050	2,36	228,6485
6	100	2,330	2,40	248,4410
7	200	2,580	2,43	267,5564
8	1000	3,090	2,49	311,2340
9	0	3,090	2,49	311,2340

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Kemudian untuk hasil perhitungan analisa persebaran distribusi curah hujan metode distribusi log normal lainnya ditampilkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.36 Analisa Distribusi Metode Log Normal

Analisa Distribusi Metode Log Normal								
No	Tahun	Curah Hujan Max (R) (mm)	$R_{(Pengurutan)}$ (mm)	X= Log R	(X-$\bar{X}$r)	$(X - \bar{X})^2$ (mm^2)	$(X-\bar{X}r)^3$ (mm^3)	$(X-\bar{X}r)^4$ (mm^4)
1	2010	147,726	164,183	2,215	0,120	0,01443	0,00173	0,00021
2	2011	68,544	160,487	2,205	0,110	0,01215	0,00134	0,00015
3	2012	82,494	154,200	2,188	0,093	0,00863	0,00080	0,00007
4	2013	134,494	149,492	2,175	0,079	0,00631	0,00050	0,00004
5	2014	149,492	147,726	2,169	0,074	0,00552	0,00041	0,00003
6	2015	160,487	143,367	2,156	0,061	0,00375	0,00023	0,00001
7	2016	164,183	134,494	2,129	0,034	0,00112	0,00004	0,00000
8	2017	120,832	120,832	2,082	-0,013	0,00017	0,00000	0,00000
9	2018	143,367	94,293	1,974	-0,121	0,01457	-0,00176	0,00021
10	2019	154,200	82,494	1,916	-0,179	0,032	-0,006	0,001
11	2020	94,293	68,544	1,836	-0,259	0,067	-0,017	0,005
Jumlah (ΣX)			1420,112	23,047	0,000	0,166	-0,020	0,006
Rata-rata ($\bar{X}$r)			129,101	2,095	0,000	0,015	-0,002	0,001
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.2.4 Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

4.2.4.1. Rata-rata

n = 11

X = Log (R)

X_1 = Log (R_1)

= Log (164,183)

= 2,215

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k} X}{n}$$

$$= \frac{2,21+2,20+2,18+2,17+2,16+2,15+2,12+2,08+1,97+1,91+1,83}{11}$$

$$= \frac{23,047}{11}$$

= 2,095 mm

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^2$ = 0,166

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^3$ = -0,020

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^4$ = 0,006

4.2.4.2. Standar deviasi (S)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X})^2}{n-1}$$

$$= \frac{0,166}{11-1}$$

$$= \frac{0,166}{10}$$

= 0,017

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$= \sqrt{0,017^2}$$

= 0,129

4.2.4.3. Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$= \frac{0,129}{2,095}$$

= 0,061

4.2.4.4. Koefisien kemelencengan (Cs)

$$Cs = \frac{\sum(X-\bar{X})^3 * n}{(n-1)*(n-2)*S^3}$$

$$= \frac{-0{,}020*11}{(11-1)*(11-2)*0{,}129^3}$$

$$= -1{,}136$$

4.2.4.5. Koefisien ketajaman (Ck)

$$Ck = \frac{\sum(X-\bar{X})^4 * n^2}{(n-1)*(n-2)(n-3)*S^4}$$

$$= \frac{0{,}006 * 11^2}{(11-1)*(11-2)(11-3)*0{,}129^4}$$

$$= 3{,}830$$

Selanjutnya dilakukan analisa perhitungan reduksi varian, faktor frekuensi, dan curah hujan rencana untuk kala hujan periode ulang 2 tahunan metode distribusi *log pearson type III* sebagai berikut

4.2.4.6. Faktor frekuensi (kt)

Faktor frekuensi pada metode distribusi *log pearson type III* bergantung pada besarnya nilai Koefisien kemelencengan (Cs) yang nilainya dapat diihat dari tabel 4.38.

Dari hasil analisa perhitungan didapatkan nilai koefisien kemelencengan sebesar -1,136 pada tabel 4.38 tidak terdapat nilai Cs dengan nilai tersebut, maka perlu dilakukan interpolasi nilai Cs untuk mendapatkan nilai kt.

Cs= -1,136 terletak diantara Cs= -1,0 dan Cs= -1,4 maka perhitungan interpolasi sebagai berikut:

1. Kala ulang 2 tahun

   Cs = -1,0 → $kt_{2\ tahun}$ = 0,164

   Cs = -1,4 → $kt_{2\ tahun}$ = 0,225

   Cs = -1,136 → $kt_{2\ tahun}$ = $0{,}164+\left(\frac{(0{,}225-0{,}164)*((-1{,}136)-(-1{,}0)}{((-1{,}4)-(-1{,}0))}\right)$

   = 0,185

2. Kala ulang 5 tahun

   Cs = -1,0 → $kt_{5\ tahun}$ = 0,844

Cs = -1,4 → $kt_{5\ tahun}$ = 0,832

Cs =-1,136 → $kt_{5\ tahun}$ = $0{,}844+\left(\frac{(0{,}832-0{,}844)*((-1{,}136)-(-1{,}0)}{((-1{,}4)-(-1{,}0))}\right)$

= 0,8400

3. Kala ulang 10 tahun

Cs = -1,0 → $kt_{10tahun}$ = 1,128

Cs = -1,4 → $kt_{10tahun}$ = 1,041

Cs =-1,136 → $kt_{10tahun}$ = $1{,}128+\left(\frac{(1{,}041-1{,}128)*((-1{,}136)-(-1{,}0)}{((-1{,}4)-(-1{,}0))}\right)$

= 1,098

Hasil interpolasi nilai kt untuk kala ulang tahun-tahun berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.37 berikut:

Tabel 4.37 Interpolasi Nilai Kt

Interpolasi Nilai kt				
No	Periode Ulang	Cs		
	(T)	-1,000	-1,400	-1,136
1	2	0,164	0,225	0,185
2	5	0,844	0,832	0,840
3	10	1,128	1,041	1,098
4	25	1,366	1,198	1,309
5	50	1,492	1,270	1,417
6	100	1,588	1,318	1,496
7	200	1,664	1,351	1,558
8	1000	1,880	1,465	1,739

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.38 Periode Ulang Rencana

Cs	Periode Ulang Rencana							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,240	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,980	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,809	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,831	1,301	1,818	2,159	2,472	2,673	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,745	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,830	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,660	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,844	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,880
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,088	1,097	1,130
-2,2	3,300	0,752	0,844	0,866	0,900	0,905	0,907	0,910
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,660	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber: Subramanya, 1994)

4.2.4.7. Curah hujan rencana (Xt)

Log Xt = $\bar{X}$ + k * S

= 2.10 + (0.185) * 0.129

= 2.12

Xt = exp (Log Xt)

= exp (2.12)

= 131.5157

Kemudian untuk hasil perhitungan analisa persebaran distribusi curah hujan metode distribusi *log pearson type III* lainnya ditampilkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.39 Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Type III*

Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Type III*					
No	Periode Ulang (T)	Peluang (%)	Kt	Log Xt	Xt
1	2	50	0,185	2,12	131,5157
2	5	20	0,840	2,20	159,7165
3	10	10	1,098	2,24	172,4417
4	25	4	1,309	2,26	183,5479
5	50	2	1,417	2,28	189,5022
6	100	1	1,496	2,29	194,0343
7	200	0,5	1,558	2,30	197,5995
8	1000	0,1	1,739	2,32	208,5174

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.40 Analisa Distribusi Metode *Log Pearson Type III*

Analisa Distribusi Metode *Log Pearson Type III*								
No	Tahun	Curah Hujan Max (R) (mm)	$R_{(Pengurutan)}$ (mm)	X= Log R	$(X-\bar{X}r)$	$(X-\bar{X})^2$ (mm^2)	$(X-\bar{X}r)^3$ (mm^3)	$(X-\bar{X}r)^4$ (mm^4)
1	2010	147,726	164,183	2,215	0,120	0,014	0,002	0,0002083
2	2011	68,544	160,487	2,205	0,110	0,012	0,001	0,0001477
3	2012	82,494	154,200	2,188	0,093	0,009	0,001	0,0000745
4	2013	134,494	149,492	2,175	0,079	0,006	0,001	0,0000398
5	2014	149,492	147,726	2,169	0,074	0,006	0,000	0,0000304
6	2015	160,487	143,367	2,156	0,061	0,004	0,000	0,0000141
7	2016	164,183	134,494	2,129	0,034	0,001	0,000	0,0000013
8	2017	120,832	120,832	2,082	-0,013	0,000	0,000	0,0000000
9	2018	143,367	94,293	1,974	-0,121	0,015	-0,002	0,0002123
10	2019	154,200	82,494	1,916	-0,179	0,032	-0,006	0,0010215
11	2020	94,293	68,544	1,836	-0,259	0,067	-0,017	0,0045154
Jumlah (ΣX)			1420,112	23,047	0,000	0,166	-0,020	0,006
Rata-rata ($\bar{X}r$)			129,101	2,095	0,000	0,015	-0,002	0,001
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.2.5 Kesimpulan

Tabel 4.41 Hasil Analisa Metode Distribusi Hujan Rancangan

No	Metode	Fariabel	Syarat		Hasil	Analisa	Kesimpulan
1	*Gumbel*	$Cs_{(Gumbel)}$	>	1,14	-0,870	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
		$Ck_{(Gumbel)}$	>	5,4	3,198	Tidak Memenuhi	
2	Normal	$Cs_{(Normal)}$	≈	0	-0,870	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
		$Ck_{(Normal)}$	≈	3	3,198	Memenuhi	
3	Log Normal	$Cs_{(Log\ Normal)}$	≈	3	-1,136	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
4	*Log Pearson Type III*	$Cs_{(Log\ Pearson\ Type\ III)}$	≠	0	-1,136	Memenuhi	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.42 Distribusi Hujan rancangan (Xt)

No	Periode Ulang	Distribusi Curah Hujan Rancangan (Xt)			
		Gumbel	Normal	Log Normal	*Log Pearson Type III*
	(T)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2	124,548	129,101	124,5070	131,5157
2	5	163,328	156,911	159,7199	159,7165
3	10	189,004	171,478	181,9772	172,4417
4	25	221,446	185,658	206,6201	183,5479
5	50	245,513	196,970	228,6485	189,5022
6	100	269,402	206,239	248,4410	194,0343
7	200	293,204	214,516	267,5564	197,5995
8	1000	348,340	231,400	311,2340	208,5174

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3 Uji Kesesuain Distribusi

4.3.1 Uji *Smirnov Kolmogorof* (Normalitas Sebaran Data)

Dari hasil analisa sebelumnya didapatkan data berikut ini

$\bar{X}$ = 129,101

S_X = 33,107

Log $\bar{X}$ = 2,095

$S_{(LogX)}$ = 0,129

n = 11

Yn = 0,4996 (Dari tebel 4.28)

Sn = 0,9676 (Dari tebel 4.29)

α = 5%

Nilai Do ditentukan oleh jumlah data dan derajat kepercayaan didapat dari tabel 4.43. Diketahu n= 11 dan tidak terdapat nilai Do pada tabel nilai kritis, maka dilakukan perhitungan interpolasi dengan n= 11 terletak diantara n= 10 dan n= 15.

Jika n = 10 → Do = 0,410

Jika n = 15 → Do = 0,340

Jika n = 11 → Do = 0,396

Tabel 4.43 Nilai Delta Kritis

No	n	α			
		0,200	0,100	0,050	0,001
1	5	0,45	0,51	0,56	0,67
2	10	0,32	0,37	0,41	0,49
3	15	0,27	0,30	0,34	0,40
4	20	0,23	0,26	0,29	0,36
5	25	0,21	0,24	0,27	0,32
6	30	0,19	0,22	0,24	0,29
7	35	0,18	0,20	0,23	0,27
8	40	0,17	0,19	0,21	0,25
9	45	0,16	0,18	0,20	0,24
10	50	0,15	0,17	0,19	0,23
11	n>50	1.07/√n	1.22/√n	1.36/√n	1.63/√n

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 4.44 Pengurutan Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Max (X) (mm)	Log (X) (mm)	$X_{(Pengurutan)}$ Max-Min	Peringkat X m	P m/(n-1)	T 1/P	$X_{(Pengurutan)}$ Min-Max
1	2010	147,726	2,169	164,183	1	0,10	10,00	68,544
2	2011	68,544	1,836	160,487	2	0,20	5,00	82,494
3	2012	82,494	1,916	154,200	3	0,30	3,33	94,293
4	2013	134,494	2,129	149,492	4	0,40	2,50	120,832
5	2014	149,492	2,175	147,726	5	0,50	2,00	134,494
6	2015	160,487	2,205	143,367	6	0,60	1,67	143,367
7	2016	164,183	2,215	134,494	7	0,70	1,43	147,726
8	2017	120,832	2,082	120,832	8	0,80	1,25	149,492
9	2018	143,367	2,156	94,293	9	0,90	1,11	154,200
10	2019	154,200	2,188	82,494	10	1,00	1,00	160,487
11	2020	94,293	1,974	68,544	11	1,10	0,91	164,183

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3.1.1. Uji *Smirnov Kolmogorof Gumbel*

1. Analisa probabilitas data (P(x))

   $P(x) = \frac{m}{n+1}$

   Keterangan:

   m : nomor peringkat kejadian

   n : jumlah data yang diamati

   Analisa probabilitas untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

   m = 1

   n = 11

   $P(x) = \frac{1}{11+1}$

   = 0,083

   P(X<) = 1-P(x)

   = 1 – 0,083

   = 0,917

2. Analisa variabel reduksi (Ft)

   $F(t) = \frac{X-\overline{Xr}}{S}$

   Keterangan :

   X : Data curah hujan

   $\bar{X}r$: Rerata data curah hujan

   S : Standar deviasi

   Analisa variabel reduksi (Ft) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

   X = 164,183

   $\bar{X}r$ = 129,101

   Sx = 33,107

   $F(t)_1 = \frac{164,183-129,101}{33,107}$

   = 1,060

3. *Reduced variate* (Yt)

Dari analisa nilai *reduced variabel* (Ft), *reduced mean* (Yn), dan nilai *reduced deviation* (Sn) didapatkan nilai *reduced variate* (Yt).

$$F(t) = \frac{Yt-Yn}{Sn}$$

$$F(t) * Sn = Yt-Yn$$

$$(F(t) * Sn)+Yn = Yt$$

Analisa *Reduced variate* (Yt) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164.183 mm.

Yt = (F(t) * Sn)+Yn

= (1,060*0,9676)+0,4996

= 1,5249

4. Tahun kala ulang (T)

Setelah dilakukan analisa *reduced variate* (Yt) dapat dicari nilai kala ulang (T) menggunakan tabel 4.45 dan dilakukan interpolasi.

Berikut adalah analisa tahun kala ulang (T) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm dengan nilai Yt= 1,5249 yang terletak diantara Yt= 1,4999 dan Yt= 1,5249.

Yt = 1,4999 → T = 5,00 tahun

Yt = 2,2504 → T = 10,00 tahun

Yt = 1,5249 → T = $5,00+\left(\frac{(10,00-5,00)*(1,5249)-(1,4999)}{2,2504-1,4999}\right)$

= 0,396 tahun

Hasil analisa nilai kala ulang (T) urutan peluang kejadian lainnya dapat dilihat pada tabel 4.46.

Tabel 4.45 *Reduced Variate* (Yt)

No	Periode Ulang	T/(T-1)	Yt
1	1,01	101,000	-1,5293
2	1,02	51,000	-1,3691
3	1,03	34,333	-1,2630
4	1,04	26,000	-1,1811
5	1,05	21,000	-1,1133
6	1,06	17,667	-1,0549
7	1,07	15,286	-1,0032
8	1,08	13,500	-0,9565
9	1,09	12,111	-0,9139
10	1,10	11,000	-0,8746
11	1,20	6,000	-0,5832
12	1,30	4,333	-0,3828
13	1,40	3,500	-0,2254
14	1,50	3,000	-0,0940
15	1,60	2,667	0,0194
16	1,70	2,429	0,1196
17	1,80	2,250	0,2096
18	1,90	2,111	0,2914
19	2,00	2,000	0,3665
20	5,00	1,250	1,4999
21	10,00	1,111	2,2504
22	20,00	1,053	2,9702
23	25,00	1,042	3,1985
24	50,00	1,020	3,9019
25	100,00	1,010	4,6001
26	200,00	1,005	5,2958
27	500,00	1,002	6,2136
28	1000,00	1,001	6,9073
29	5000,00	1,000	8,5171
30	10000,00	1,000	9,2103

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.46 Interpolasi Nilai T

Interpolasi Nilai T						
No	Yt1	T1	Yt2	T2	Yt	T
1	1,4999	5,00	2,2504	10,00	1,5249	5,17
2	0,3665	2,00	1,4999	5,00	1,4169	4,78
3	0,3665	2,00	1,4999	5,00	1,2332	4,29
4	0,3665	2,00	1,4999	5,00	1,0956	3,93
5	0,3665	2,00	1,4999	5,00	1,0440	3,79
6	0,3665	2,00	1,4999	5,00	0,9165	3,46
7	0,3665	2,00	1,4999	5,00	0,6572	2,77
8	0,2096	1,80	0,2914	1,90	0,2579	1,86
9	-0,5832	1,20	-0,3828	1,30	-0,5177	1,23
10	-0,8746	1,10	-0,5832	1,20	-0,8626	1,10
11	-1,3691	1,02	-1,2630	1,03	-1,2703	1,03

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Probabilitas peluang teoritis (P'(x))

Berikut adalah analisa peluang teoritis (P'(x)) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm dengan nilai Yt= 1,5249 dan T= 5,17 tahun.

$P'(x) = \frac{1}{T}$

$P'(x)_1 = \frac{1}{5,17}$

$= 0,194$

$P'(x<) = 1 - P'(x)$

$= 1 - 0,194$

$= 0,806$

6. Analisa selisih probabilitas (ΔP)

Berikut adalah analisa selisih probabilitas (ΔP) untuk data dengan nomor urut peringkat no 1 dengan nilai P'(x) = 0,194 dan nilai P(x) = 0,083

$\Delta P = P'(x) - P(x)$

$\Delta P_1 = P'(x)_1 - P(x)_1$

$= 0,194 - 0,083$

$= 0,110$

7. Peluang teoritis (Dmax)

Dari analisa selisih probabilitas seluaruh data yang ada didapatkan nilai ΔP, kemudian didapatkan nilai ΔP maksimum (Dmax) dengan nilai: 0,110

8. Kesimpulan

Dmax	=	0,110	
Do	=	0,396	
Dmax	<	Do	Memenuhi
Dmax	>	Do	Tidak Memenuhi
0,110	<	0,396	Memenuhi

Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan uji *smirnov kolmogorof* metode distribusi *Gumbel*.

Tabel 4.47 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi *Gumbel*

No	Tahun	Curah Hujan Max (X) (mm)	$X_{(Pengurutan)}$ (mm) (1)	(X-X̄r) (mm) (3)	$(X - \bar{X})^2$ (mm²) (4)	m (5)	P(x) (6)	P(X<) 1-(6) (7)	F(t) (8)	Yt (9)	T (Tahun) (10)	P'(X) (11)	P'(X<) 1-(11) (12)	D (11)-(6) (13)
1	2010	147,726	164,183	35,081	1230,708	1	0,083	0,917	1,060	1,525	5,166	0,194	0,806	0,110
2	2011	68,544	160,487	31,386	985,102	2	0,167	0,833	0,948	1,417	4,780	0,209	0,791	0,043
3	2012	82,494	154,200	25,099	629,951	3	0,250	0,750	0,758	1,233	4,294	0,233	0,767	-0,017
4	2013	134,494	149,492	20,391	415,795	4	0,333	0,667	0,616	1,096	3,930	0,254	0,746	-0,079
5	2014	149,492	147,726	18,625	346,898	5	0,417	0,583	0,563	1,044	3,793	0,264	0,736	-0,153
6	2015	160,487	143,367	14,265	203,503	6	0,500	0,500	0,431	0,917	3,456	0,289	0,711	-0,211
7	2016	164,183	134,494	5,393	29,088	7	0,583	0,417	0,163	0,657	2,769	0,361	0,639	-0,222
8	2017	120,832	120,832	-8,269	68,371	8	0,667	0,333	-0,250	0,258	1,859	0,538	0,462	-0,129
9	2018	143,367	94,293	-34,808	1211,619	9	0,750	0,250	-1,051	-0,518	1,233	0,811	0,189	0,061
10	2019	154,200	82,494	-46,608	2172,269	10	0,833	0,167	-1,408	-0,863	1,104	0,906	0,094	0,072
11	2020	94,293	68,544	-60,557	3667,149	11	0,917	0,083	-1,829	-1,270	1,029	0,972	0,028	0,055
Jumlah (ΣX)			1420,112	0,000	10960,453	66,0	5,500	5,500	0,000	5,496	33,414	5,031	5,969	-0,469
Rata-rata (X̄)			129,101	0,000	996,405	6,0	0,500	0,500	0,000	0,500	3,038	0,457	0,543	-0,043
Maksimum			164,183	35,081	3667,149	11,0	0,917	0,917	1,060	1,525	5,166	0,972	0,806	0,110
Minimum			68,544	-60,557	29,088	1,0	0,083	0,083	-1,829	-1,270	1,029	0,194	0,028	-0,222
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3.1.2. Uji *Smirnov Kolmogorof* Normal

1. Analisa probabilitas data (P(x))

Analisa probabilitas untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

m = 1

n = 11

$P(x) = \frac{m}{n+1}$

$P(x) = \frac{1}{11+1}$

= 0,083

P(X<) = 1-P(x)

= 1 – 0,083

= 0,917

2. Analisa variabel reduksi (Ft)

Analisa variabel reduksi (Ft) untuk data dengan nomor urut peringkat no 1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

X = 164,183

$\bar{X}r$ = 129,101

Sx = 33,107

$F(t) = \frac{X-\bar{X}r}{S}$

$F(t)_1 = \frac{164,183-129,101}{33,107}$

= 1,060 maka nilai luas kurva normal= 0,8553

3. Probabilitas peluang teoritis (P'(x))

Berikut adalah analisa peluang teoritis (P'(x)) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm dan luas daerah dibawah kurva normal sebesar 0,8553.

P'(x) = 1- Luas Kurva Normal

= 1 – 0,8553

= 0,145

4. Analisa selisih probabilitas (ΔP)

Berikut adalah analisa selisih probabilitas (ΔP) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan nilai P'(x) = 0,145 dan nilai P(x) = 0,083.

ΔP = P'(x) - P(x)

ΔP_1 = $P'(x)_1 - P(x)_1$

= 0,145 – 0,083

= 0,061

5. Peluang Teoritis (Dmax)

Dari analisa selisih probabilitas seluaruh data yang ada didapatkan nilai ΔP, kemudian didapatkan nilai ΔP maksimum (Dmax) dengan nilai 0,103.

6. Kesimpulan

Dmax	=	0,103	
Do	=	0,396	
Dmax	<	Do	Memenuhi
Dmax	>	Do	Tidak Memenuhi
0,103	<	0,396	Memenuhi

Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan uji *smirnov kolmogorof* metode distribusi Normal.

Tabel 4.48 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi Normal

No	Tahun	Curah Hujan Max (X) (mm)	$X_{(Pengurutan)}$ (mm) (1)	(X-X̄r) (mm) (3)	$(X - \bar{X})^2$ (mm^2) (4)	m (5)	P(x) (6)	P(X<) 1-(6) (7)	F(t) (8)	Luas Kurva Normal (9)	P'(X) (10)	D (10)-(6) (11)
1	2010	147,726	164,183	35,081	1230,708	1	0,083	0,917	1,06	0,8553	0,145	0,061
2	2011	68,544	160,487	31,386	985,102	2	0,167	0,833	0,95	0,8284	0,172	0,005
3	2012	82,494	154,200	25,099	629,951	3	0,250	0,750	0,76	0,7758	0,224	-0,026
4	2013	134,494	149,492	20,391	415,795	4	0,333	0,667	0,62	0,7310	0,269	-0,064
5	2014	149,492	147,726	18,625	346,898	5	0,417	0,583	0,56	0,7131	0,287	-0,130
6	2015	160,487	143,367	14,265	203,503	6	0,500	0,500	0,43	0,6667	0,333	-0,167
7	2016	164,183	134,494	5,393	29,088	7	0,583	0,417	0,16	0,5647	0,435	-0,148
8	2017	120,832	120,832	-8,269	68,371	8	0,667	0,333	-0,25	0,4014	0,599	-0,068
9	2018	143,367	94,293	-34,808	1211,619	9	0,750	0,250	-1,05	0,1465	0,853	0,103
10	2019	154,200	82,494	-46,608	2172,269	10	0,833	0,167	-1,41	0,0796	0,920	0,087
11	2020	94,293	68,544	-60,557	3667,149	11	0,917	0,083	-1,83	0,0337	0,966	0,050
Jumlah (ΣX)			1420,112	0,000	10960,453	66,0	5,500	5,500	0,000	5,796	5,204	-0,296
Rata-rata (X̄)			129,101	0,000	996,405	6,0	0,500	0,500	0,000	0,527	0,473	-0,027
Maksimum			164,183	35,081	3667,149	11,0	0,917	0,917	1,060	0,855	0,966	0,103
Minimum			68,544	-60,557	29,088	1,0	0,083	0,083	-1,829	0,034	0,145	-0,167
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3.1.3. Uji *Smirnov Kolmogorof* Log Normal

1. Analisa probabilitas data (P(x))

Analisa probabilitas untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

m = 1

n = 11

$P(x) = \frac{m}{n+1}$

$P(x) = \frac{1}{11+1}$

= 0,083

P(X<) = 1-P(x)

= 1 – 0,083

= 0,917

2. Analisa variabel reduksi (Ft)

Analisa variabel reduksi (Ft) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

$\bar{X}r$ = 2,095

Sx = 0,129

X = Log (R)

= Log (164,183)

= 2,215

$F(t) = \frac{X-\overline{Xr}}{S}$

$F(t)_1 = \frac{2,215-2,095}{0,129}$

= 0,933 maka nilai luas kurva normal= 0,8246

3. Probabilitas peluang teoritis (P'(x))

Berikut adalah analisa peluang teoritis (P'(x)) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm dan luas daerah dibawah kurva normal sebesar 0,8246.

P'(x) = 1- Luas Kurva Normal

= 1 – 0,8246

= 0,175

4. Analisa selisih probabilitas (ΔP)

Berikut adalah analisa selisih probabilitas (ΔP) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan nilai P'(x)= 0,175 dan nilai P(x)= 0,083.

ΔP = P'(x) - P(x)

ΔP_1 = $P'(x)_1$ - $P(x)_1$

= 0,175 – 0,083

= 0,092

5. Peluang teoritis (Dmax)

Dari analisa selisih probabilitas seluaruh data yang ada didapatkan nilai ΔP, kemudian didapatkan nilai ΔP maksimum (Dmax) dengan nilai 0,092.

6. Kesimpulan

Dmax	=	0,092	
Do	=	0,396	
Dmax	<	Do	Memenuhi
Dmax	>	Do	Tidak Memenuhi
0,092	<	0,396	Memenuhi

Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan uji *smirnov kolmogorof* metode distribusi Log Normal.

Tabel 4.49 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi Log Normal

No	Tahun	Curah Hujan Max (R) (mm)	$R_{(Pengurutan)}$ (mm) (1)	X= Log R (2)	(X-X̄r) (mm) (3)	$(X - \bar{X})^2$ (mm^2) (4)	m (5)	P(x) (6)	P(X<) 1-(6) (7)	F(t) (8)	Luas Kurva Normal (9)	P'(X) (10)	D (10)-(6) (11)
1	2010	147,726	164,183	2,215	0,120	0,014	1	0,083	0,917	0,933	0,8246	0,175	0,092
2	2011	68,544	160,487	2,205	0,110	0,012	2	0,167	0,833	0,856	0,8040	0,196	0,029
3	2012	82,494	154,200	2,188	0,093	0,009	3	0,250	0,750	0,721	0,7647	0,235	-0,015
4	2013	134,494	149,492	2,175	0,079	0,006	4	0,333	0,667	0,617	0,7313	0,269	-0,065
5	2014	149,492	147,726	2,169	0,074	0,006	5	0,417	0,583	0,577	0,7179	0,282	-0,135
6	2015	160,487	143,367	2,156	0,061	0,004	6	0,500	0,500	0,476	0,6829	0,317	-0,183
7	2016	164,183	134,494	2,129	0,034	0,001	7	0,583	0,417	0,260	0,6027	0,397	-0,186
8	2017	120,832	120,832	2,082	-0,013	0,000	8	0,667	0,333	-0,101	0,4598	0,540	-0,126
9	2018	143,367	94,293	1,974	-0,121	0,015	9	0,750	0,250	-0,937	0,1743	0,826	0,076
10	2019	154,200	82,494	1,916	-0,179	0,032	10	0,833	0,167	-1,388	0,0825	0,917	0,084
11	2020	94,293	68,544	1,836	-0,259	0,067	11	0,917	0,083	-2,013	0,0221	0,978	0,061
Jumlah (ΣX)			1420,112	23,047	0,000	0,166	66,0	5,500	5,500	0,000	5,867	5,133	-0,367
Rata-rata (X̄)			129,101	2,095	0,000	0,015	6,0	0,500	0,500	0,000	0,533	0,467	-0,033
Maksimum			164,183	2,215	0,120	0,067	11,0	0,917	0,917	0,933	0,825	0,978	0,092
Minimum			68,544	1,836	-0,259	0,000	1,0	0,083	0,083	-2,013	0,022	0,175	-0,186
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3.1.4. Uji *Smirnov Kolmogorof Log Person Type III*

1. Analisa probabilitas data (P(x))

Analisa probabilitas untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

m = 1

n = 11

$P(x) = \frac{m}{n+1}$

$P(x) = \frac{1}{11+1}$

= 0,083

P(X<) = 1-P(x)

= 1 – 0,083

= 0,917

2. Analisa *variabel reduksi* (Ft)

Analisa *variabel reduksi* (Ft) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm.

$\bar{X}r$ = 2,095

Sx = 0,129

R = 164,183

X = Log (R)

= Log (164,183)

= 2,215

$F(t) = \frac{X-\overline{Xr}}{S}$

$F(t)_1 = \frac{2,215-2,095}{0,129}$

= 0,933

3. Faktor frekuensi (Kt)

Faktor frekuensi pada metode distribusi *log pearson type III* bergantung pada besarnya nilai Koefisien kemelencengan (Cs). Diketahui nilai Cs= -1,136 maka nilai kt didapat dari tabel 4.50 dibawah ini.

Tabel 4.50 Interpolasi Nilai Kt terhadap Cs

Interpolasi Nilai kt				
No	Periode Ulang (T)	Cs		
		-1,000	-1,400	-1,136
1	1,0101	-3,022	-2,271	-2,767
2	1,25	-0,758	-0,705	-0,740
3	2	0,164	0,225	0,185
4	5	0,844	0,832	0,840
5	10	1,128	1,041	1,098
6	25	1,366	1,198	1,309
7	50	1,492	1,270	1,417
8	100	1,588	1,318	1,496
9	200	1,664	1,351	1,558
10	1000	1,880	1,465	1,739

Sumber: CD Soemarto, Hidrologi Teknik, 1999

4. Tahun kala ulang (T)

Berdasarkan nilai F(t) dapat dicari nilai T dengan nilai Kt. Berikut adalah analisa nilai T pada data dengan nomor peringkat ke-1. Memilik nilai $F(t)_1$ = 0,9329 terletak diantara Kt = 0,8399 dan Kt = 1,0985.

Kt = 0,8399 → T = 5,00 tahun

Kt = 1,0985 → T = 10,00 tahun

$F(t)_1$ = 0,9329 → T = $5{,}00+\left(\frac{(10{,}00-5{,}00)*(0{,}9329-0{,}8399)}{1{,}0985-0{,}8399}\right)$

= 6,80 tahun

Hasil analisa tahun kala ulang (T) untuk seluruh data yang sudah diurutkan terdapat pada tabel 4.51 dibawah ini:

Tabel 4.51 Interpolasi Nilai T

Interpolasi Nilai T (Periode Ulang Rencana)							
No	Kt_1	T_1	Kt_2	T_2	F(t)	T	P'(X)
1	0,8399	5,00	1,0985	10,00	0,9329	6,80	0,0680
2	0,8399	5,00	1,0985	10,00	0,8562	5,31	0,0531
3	0,1847	2,00	0,8399	5,00	0,7214	4,46	0,0446
4	0,1847	2,00	0,8399	5,00	0,6168	3,98	0,0398
5	0,1847	2,00	0,8399	5,00	0,5767	3,79	0,0379
6	0,1847	2,00	0,8399	5,00	0,4757	3,33	0,0333
7	0,1847	2,00	0,8399	5,00	0,2602	2,35	0,0235
8	-0,7400	1,25	0,1847	2,00	-0,1010	1,77	0,0177
9	-2,7671	1,01	-0,7400	1,25	-0,9375	1,23	0,0123
10	-2,7671	1,01	-0,7400	1,25	-1,3883	1,17	0,0117
11	-2,7671	1,01	-0,7400	1,25	-2,0131	1,10	0,0110

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Probabilitas peluang teoritis (P'(x))

Berikut adalah analisa peluang teoritis (P'(x)) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan besar curah hujan (R)= 164,183 mm memiliki nilai T= 6,80 tahun.

$P'(x) = T*100\%$

$P'(x)_1 = 6,80 *100\%$

$= 0,0680$

$P'(x<) = 1- P'(x)$

$= 1 – 0,0680$

$= 0,932$

6. Analisa selisih probabilitas (ΔP)

Berikut adalah analisa selisih probabilitas (ΔP) untuk data dengan nomor urut peringkat ke-1 dengan nilai P'(x)= 0,0680 dan nilai P(x)= 0,083.

$\Delta P = P'(x) - P(x)$

$\Delta P_1 = P'(x)_1 - P(x)_1$

$= 0{,}0680 - 0{,}083$

$= -0{,}015$

7. Peluang teoritis (Dmax)

Dari analisa selisih probabilitas seluaruh data yang ada didapatkan nilai ΔP, kemudian didapatkan nilai ΔP maksimum (Dmax) dengan nilai 0,110.

8. Kesimpulan

Dmax	=	-0,015	
Do	=	0,396	
Dmax	<	Do	Memenuhi
Dmax	>	Do	Tidak Memenuhi
-0,015	<	0,396	Memenuhi

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Berikut ini adalah hasil analisa perhitungan uji *smirnov kolmogorof* metode distribusi *Log Person Type III*.

Tabel 4.52 Uji *Smirnov Kolmogorof* Metode Distribusi *Log Person Type III*

No	Tahun	Curah Hujan Max (R) (mm)	$R_{(Pengurutan)}$ (mm) (1)	X= Log R (2)	(X-$\bar{X}$r) (mm) (3)	$(X-\bar{X})^2$ (mm^2) (4)	m (5)	P(x) (6)	P(X<) 1-(6) (7)	F(t) (8)	P'(X) (9)	P'(X<) 1-(9) (10)	D (9)-(6) (11)
1	2010	147,726	164,183	2,215	0,120	0,014	1	0,083	0,917	0,933	0,0680	0,932	-0,015
2	2011	68,544	160,487	2,205	0,110	0,012	2	0,167	0,833	0,856	0,0531	0,947	-0,114
3	2012	82,494	154,200	2,188	0,093	0,009	3	0,250	0,750	0,721	0,0446	0,955	-0,205
4	2013	134,494	149,492	2,175	0,079	0,006	4	0,333	0,667	0,617	0,0398	0,960	-0,294
5	2014	149,492	147,726	2,169	0,074	0,006	5	0,417	0,583	0,577	0,0379	0,962	-0,379
6	2015	160,487	143,367	2,156	0,061	0,004	6	0,500	0,500	0,476	0,0333	0,967	-0,467
7	2016	164,183	134,494	2,129	0,034	0,001	7	0,583	0,417	0,260	0,0235	0,977	-0,560
8	2017	120,832	120,832	2,082	-0,013	0,000	8	0,667	0,333	-0,101	0,0177	0,982	-0,649
9	2018	143,367	94,293	1,974	-0,121	0,015	9	0,750	0,250	-0,937	0,0123	0,988	-0,738
10	2019	154,200	82,494	1,916	-0,179	0,032	10	0,833	0,167	-1,388	0,0117	0,988	-0,822
11	2020	94,293	68,544	1,836	-0,259	0,067	11	0,917	0,083	-2,013	0,0110	0,989	-0,906
Jumlah (ΣX)			1420,112	23,047	0,000	0,166	66,0	5,500	5,500	0,000	0,353	10,647	-5,147
Rata-rata ($\bar{X}$)			129,101	2,095	0,000	0,015	6,0	0,500	0,500	0,000	0,032	0,968	-0,468
Maksimum			164,183	2,215	0,120	0,067	11,0	0,917	0,917	0,933	0,068	0,989	-0,015
Minimum			68,544	1,836	-0,259	0,000	1,0	0,083	0,083	-2,013	0,011	0,932	-0,906
n			11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3.2 Uji *Chin Square*

n = 11

$\bar{X}r$ = 129,101 mm

S = 33,107

Log($\bar{X}r$) = 2,095 mm

$S_{(LogX)}$ = 0,129

Analisa jumlah kelas (G)

G = 1+3,3 Log n

= 1+ 3,3 Log (11)

= 1 + 3,45951

= 4,459507

≈ 5 Bulatkan

Derajat kebebasan (Dk)

$R_{(Distribusi\ Normal\ \&\ binomial)}$ = 2

Dk = G – (R+1)

= 5 – (2+1)

= 5 – 3

= 2

Dari analisa perhitungan derajat kebebasan didapat nilai Dk= 2 untuk α= 5% maka nilai X^2Cr didapat dari tabel 4.53 sebesar 5,991.

Tabel 4.53 Derajat Kepercayaan

Dk	α Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,050	0,025	0,010	0,005
1	0,000393	0,00016	0,000982	0,000393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 4.54 Pengurutan Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Max (X) (mm)	Log (X) (mm)	$X_{(Pengurutan)}$ Max-Min	Peringkat X m	P m/(n-1)	T 1/P	$X_{(Pengurutan)}$ Min-Max
1	2010	147,726	2,169	164,183	1	0,10	10,00	68,544
2	2011	68,544	1,836	160,487	2	0,20	5,00	82,494
3	2012	82,494	1,916	154,200	3	0,30	3,33	94,293
4	2013	134,494	2,129	149,492	4	0,40	2,50	120,832
5	2014	149,492	2,175	147,726	5	0,50	2,00	134,494
6	2015	160,487	2,205	143,367	6	0,60	1,67	143,367
7	2016	164,183	2,215	134,494	7	0,70	1,43	147,726
8	2017	120,832	2,082	120,832	8	0,80	1,25	149,492
9	2018	143,367	2,156	94,293	9	0,90	1,11	154,200
10	2019	154,200	2,188	82,494	10	1,00	1,00	160,487
11	2020	94,293	1,974	68,544	11	1,10	0,91	164,183

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.3.2.1. Uji Kesesuaian *Chin-Square Gumbel*

1. Analisa jumlah kelas (G)

   n = 11

   G = 1+3,3 Log n

   = 1+ 3,3 Log (11)

   = 1 + 3,45951

   = 4,459507 ≈ 5 Bulatkan

2. Derajat kebebasan (Dk)

   $R_{(Distribusi\ Normal\ \&\ binomial)}$ = 2

   Dk = G – (R+1)

   = 5 – (2+1)

   = 5 – 3

   = 2

   Dari analisa perhitungan derajat kebebasan didapat nilai Dk= 2 untuk α= 5% maka nilai X^2Cr didapat dari tabel 4.53 sebesar 5,991.

3. Analisa kelas distribusi (P)

   P = $\frac{1}{G}$ X 100%

   = $\frac{1}{5}$ X 100%

   = 20,00 %

   Interval distribusinya adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%.

   P_x = 20 % → $T_{20\%}$ = $\frac{1}{0,20}$

   = 5 Tahun

   P_x = 40 % → $T_{40\%}$ = $\frac{1}{0,40}$

   = 2,5Tahun

   P_x = 60 % → $T_{60\%}$ = $\frac{1}{0,60}$

   = 1,66667 Tahun

P_x = 80 % → $T_{80\%}$ = $\frac{1}{0,80}$

= 1,25 Tahun

4. Faktor frekuensi (Kt)

Dari analisa interval distribusi didapatkan nilai T, Sn dan Yn kemudian yang dijadikan acuan untuk mendapat nilai faktor frekuensi (Kt). Dimana nilai Yn= 0,500 dan Sn= 0,968 didapat dari tebel 4,29.

T = 5 tahun

Yt = $-ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$

= $-ln\left[ln\left(\frac{5}{5-1}\right)\right]$

= 1,500

Kt = $\frac{Yt-Yn}{Sn}$

= $\frac{1,500-0,500}{0,968}$

= 1,034

T = 2,5 tahun

Yt = $-ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$

= $-ln\left[ln\left(\frac{2,5}{2,5-1}\right)\right]$

= 0,672

Kt = $\frac{Yt-Yn}{Sn}$

= $\frac{0,672-0,500}{0,968}$

= 0,178

T = 1,6667 tahun

Yt = $-ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$

= $-ln\left[ln\left(\frac{1,6667}{1,6667-1}\right)\right]$

= 0,087

Kt = $\frac{Yt-Yn}{Sn}$

= $\frac{0,087-0,500}{0,968}$

= -0,426

T = 1,25 tahun

Yt = $-ln\left[ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]$

= $-ln\left[ln\left(\frac{1,25}{1,25-1}\right)\right]$

= -0,476

Kt = $\frac{Yt-Yn}{Sn}$

= $\frac{(-0,476)-0,500}{0,968}$

= -1,008

5. Analisa interval kelas

Analisa interval kelas dilakukan agar dapat diketahui batas masing-masing kelas yang ada, baik batas atas maupun batas bawah. Analisa interval kelas didapat dari hasil penjumlahan antara rata-rata data curah hujan ($\bar{X}$) dengan hasil perkalian antara faktor frekuensi (Kt) dengan standar deviasi (S). Dengan nilai ($\bar{X}$r)= 129,101 mm dan S= 33,107.

P_x = 20 %

Kt = 1,034

X = $\bar{X}$r + (Kt*S)

= 129,101 + (1,034* 33,107)

= 163,3279 mm

P_x = 40 %

Kt = 0,178

X = $\bar{X}$r + (Kt*S)

= 129,101 + (0,178* 33,107)

= 134,9905 mm

P_x = 60 %

Kt = -0,426

X = $\bar{X}r + (Kt*S)$

= 129,101 + (-0,426* 33,107)

= 114,9984 mm

P_x = 80 %

Kt = -1,008

X = $\bar{X}r + (Kt*S)$

= 129,101 + (-1,008* 33,107)

= 95,7248 mm

Tabel 4.55 Interval Distribusi Persebaran Kelas

No	Kelompok	Batasan Nilai
1	I	X ≤ 95,7248
2	II	95,7248 ≤ X ≤ 114,9984
3	III	114,9984 ≤ X ≤ 134,9905
4	IV	163,3279 ≤ X ≤ 163,3279
5	V	X ≥ 163,3279
Jumlah		

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

6. Analisa frekuensi pengamatan (Ei)

Analisa frekuensi didapat dari hasil bagi antara jumlah data yang tersedia (n) dengan jumlah kelas yang ada (G).

Ei = $\frac{n}{G}$

= $\frac{11}{5}$

= 2,2

7. Analisa jumlah data setiap kelas (Oi)

Analisa banyaknya data dalam satu kelas (Oi) didapat dari penjumlahan data yang ada pada masing-masing kelas yang sebelumnya telah ditentukan batas-batasnya, dapat dilihat pada tabel 4.56 berikut:

Tabel 4.56 Banyak Data Dalam Satu Kelas

No	Kelompok	Batasan Nilai	Curah Hujan (X)	Jumlah Data Oi
1	I	X ≤ 95,7248	68,544	3,0
			82,494	
			94,293	
2	II	95,7248 ≤ X ≤ 114,9984		0,0
3	III	114,9984 ≤ X ≤ 134,9905	120,832	2,0
			134,494	
4	IV	134,9905 ≤ X ≤ 163,3279	143,367	5,0
			147,726	
			149,492	
			154,200	
			160,487	
5	V	X ≥ 163,3279	164,183	1,0
Jumlah			11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

8. Analisa *Chin-Square*

$$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$Xn^2_I = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(3{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 0{,}2909$$

$$Xn^2_{II} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(0{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 2{,}2000$$

$$Xn^2_{III} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(2{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 0{,}0182$$

$$Xn^2_{IV} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(5{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 3{,}5636$$

$$Xn^2_{V} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(1{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 0{,}6545$$

$$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$Xn^2 = Xn^2_{I} + Xn^2_{II} + Xn^2_{III} + Xn^2_{IV} + Xn^2_{V}$$

$$= 0{,}2909+2{,}2000+0{,}0182+3{,}5636+0{,}6545$$

$$= 6{,}7273$$

Tabel 4.57 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi *Gumbel*

No	Kelompok	Batasan Nilai	Jumlah Data		(Oi-Ei)²	Xn²
			Oi	Ei		
1	I	X ≤ 95,7248	3,0	2,20	0,640	0,2909
2	II	95,7248 ≤ X ≤ 114,9984	0,0	2,20	4,840	2,2000
3	III	114,9984 ≤ X ≤ 134,9905	2,0	2,20	0,040	0,0182
4	IV	163,3279 ≤ X ≤ 163,3279	5,0	2,20	7,840	3,5636
5	V	X ≥ 163,3279	1,0	2,20	1,440	0,6545
Jumlah			11,0	11,00		6,7273

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

9. Kesimpulan

Nilai *Chi* kuadrat (Xn^2) = 6,7273

Chi teoritis (X^2Cr) = 5,9910

X^2Cr	>	Xn^2	Memenuhi
5,9910	<	6,7273	Tidak Memenuhi

4.3.2.2. Uji Kesesuaian *Chin-Square* Normal

1. Analisa jumlah kelas (G)

   n = 11

   G = 1+ 3,3 Log n

   = 1+ 3,3 Log (11)

   = 1+ 3,45951

   = 4,459507

   ≈ 5 Bulatkan

2. Derajat kebebasan (Dk)

   $R_{(Distribusi\ Normal\ \&\ binomial)}$ = 2

   Dk = G – (R+1)

   = 5 – (2+1)

   = 5 – 3

   = 2

   Dari analisa perhitungan derajat kebebasan didapat nilai Dk= 2 untuk α= 5% maka nilai X^2Cr didapat dari tabel 4.53 sebesar 5,991.

3. Analisa kelas distribusi (P)

   P = $\frac{1}{G}$ X 100%

   = $\frac{1}{5}$ X 100%

   = 20,00 %

   Interval distribusinya adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%.

   P_x = 20 % → $T_{20\%}$ = $\frac{1}{0,20}$

   = 5 Tahun

   P_x = 40 % → $T_{40\%}$ = $\frac{1}{0,40}$

   = 2,5Tahun

P_x = 60 % → $T_{60\%} = \frac{1}{0,60}$

= 1,66667 Tahun

P_x = 80 % → $T_{80\%} = \frac{1}{0,80}$

= 1,25 Tahun

Dari analisa interval distribusi didapatkan nilai T yang dijadikan acuan untuk mendapat nilai faktor frekuensi (Kt) dari tabel Gauss.

T = 5 tahun

Kt = 0,840 (Tabel 4.58)

T = 2,5 tahun

Kt = 0,250 (Tabel 4.58)

T = 1,25 tahun

Kt = -0,840 (Tabel 4.58)

Untuk nilai T= 1,66667 tahun tidak ditemukan nilai faktor frekuensi (Kt) pada pada tabel Gauss maka untuk mendapat nilai Kt dilakukan interpolasi. T= 1,66667 terletak diantara T= 1,430 dan T= 1,670 dengan nilai Pt masing-masing adalah 0,700 dan 0,600.

T = 1,430 → P_x = 0,700

T = 1,670 → P_x = 0,600

T = 1,6667 → $P_x = 0,700+\left(\frac{(0,600-0,700)*(1,6667)-(1,430)}{1,670-1,430}\right)$

= 0,601

T = 1,430 → P_x = 0,700 → Kt = -0,520

T = 1,670 → P_x = 0,600 → Kt = -0,250

T = 1,6667 → P_x = 0,601 → Kt = -0,254

Tabel 4.58 Variabel Reduksi Gauss

No	Tahun	Peluang	Kt
1	1,001	0,999	-3,050
2	1,005	0,995	-2,580
3	1,010	0,990	-2,330
4	1,050	0,950	-1,640
5	1,110	0,900	-1,280
6	1,250	0,800	-0,840
7	1,330	0,750	-0,670
8	1,430	0,700	-0,520
9	1,670	0,600	-0,250
10	2,000	0,500	0,000
11	2,500	0,400	0,250
12	3,330	0,300	0,520
13	4,000	0,250	0,670
14	5,000	0,200	0,840
15	10,000	0,100	1,280
16	20,000	0,050	1,640
17	50,000	0,020	2,050
18	100,000	0,010	2,330
19	200,000	0,005	2,580
20	500,000	0,002	2,880
21	1000,000	0,001	3,090

(Sumber: Soewarno, 1995)

4. Analisa interval kelas

Analisa interval kelas dilakukan agar dapat diketahui batas masing-masing kelas yang ada, baik batas atas maupun batas bawah. Analisa interval kelas didapat dari hasil penjumlahan antara rata-rata data curah hujan ($\bar{X}$) dengan hasil perkalian antara faktor frekuensi (Kt) dengan standar deviasi (S). Dengan nilai ($\bar{X}r$)= 129,101 mm dan S= 33,107.

P_x = 20 %

Kt = 0,840

X = $\bar{X}r + (Kt*S)$

= 129,101 + (0,840 * 33,107)

= 156,9106 mm

P_x = 40 %

Kt = 0,250

X = $\bar{X}r + (Kt*S)$

= 129,101 + (0,250* 33,107)

= 137,3778 mm

P_x = 60 %

Kt = -0,254

X = $\bar{X}r + (Kt*S)$

= 129,101 + (-0,254* 33,107)

= 120,7003 mm

P_x = 80 %

Kt = -0,840

X = $\bar{X}r + (Kt*S)$

= 129,101 + (-0,840* 33,107)

= 101,2916 mm

Tabel 4.59 Batasan Nilai Setiap Kelompok

Kelompok	Batasan Nilai
I	X ≤ 101,2916
II	101,2916 ≤ X ≤ 120,7003
III	120,7003 ≤ X ≤ 137,3778
IV	137,3778 ≤ X ≤ 156,9106
V	X ≥ 156,9106

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Analisa frekuensi pengamatan (Ei)

Analisa frekuensi didapat dari hasil bagi antara jumlah data yang tersedia (n) dengan jumlah kelas yang ada (G)

Ei = $\frac{n}{G}$

= $\frac{11}{5}$

= 2,2

6. Analisa jumlah data setiap kelas (Oi)

Analisa banyaknya data dalam satu kelas (Oi) didapat dari menjumlahkan data yang ada pada masing-masing kelas yang telah ditentukan batas-batasnya.

Tabel 4.60 Jumlah Data Setiap Kelas (Oi)

No	Kelompok	Batasan Nilai	Curah Hujan (X)	Jumlah Data Oi
1	I	X ≤ 101,2916	68,544	3,0
			82,494	
			94,293	
2	II	101,2916 ≤ X ≤ 120,7003		0,0
3	III	120,7003 ≤ X ≤ 137,3778	120,832	2,0
			134,494	
4	IV	137,3778 ≤ X ≤ 156,9106	143,367	4,0
			147,726	
			149,492	
			154,200	
5	V	X ≥ 156,9106	160,487	2,0
			164,183	
Jumlah			11	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

7. Analisa *Chin-Square*

$$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$Xn^2_I = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(2{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 0{,}2909$$

$$Xn^2_{II} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(2{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 2{,}2000$$

$$Xn^2_{III} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(3{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 0{,}0182$$

$$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$Xn^2 = Xn^2_I + Xn^2_{II} + Xn^2_{III} + Xn^2_{IV} + Xn^2_V$$

$$= 0{,}2909+2{,}2000+0{,}0182+1{,}4727+0{,}0182$$

$$= 4{,}0000$$

Tabel 4.61 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi Normal

No	Kelompok	Batasan Nilai	Jumlah Data		(Oi-Ei)²	Xn²
			Oi	Ei		
1	I	X ≤ 101,2916	3,0	2,20	0,640	0,2909
2	II	101,2916 ≤ X ≤ 120,7003	0,0	2,20	4,840	2,2000
3	III	120,7003 ≤ X ≤ 137,3778	2,0	2,20	0,040	0,0182
4	IV	137,3778 ≤ X ≤ 156,9106	4,0	2,20	3,240	1,4727
5	V	X ≥ 156,9106	2,0	2,20	0,040	0,0182
Jumlah			11,0	11,00		4,0000

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

8. Kesimpulan

Nilai *Chi* kuadrat (Xn^2) = 4,0000

Chi teoritis (X^2Cr) = 5,9910

X^2Cr	>	Xn^2	Memenuhi
5,9910	>	4,0000	Memenuhi

4.3.2.3. Uji Kesesuaian *Chin-Square* Log Normal

1. Analisa Jumlah kelas (G)

   n = 11

   G = 1+ 3,3 Log n

   = 1+ 3,3 Log (11)

   = 1+ 3,45951

   = 4,459507

   ≈ 5 Bulatkan

2. Derajat kebebasan (Dk)

   $R_{(Distribusi\ Normal\ \&\ binomial)}$ = 2

   Dk = G – (R+1)

   = 5 – (2+1)

   = 5 – 3

   = 2

   Dari analisa perhitungan derajat kebebasan didapat nilai Dk= 2 untuk α= 5% maka nilai X^2Cr didapat dari tabel 4.53 sebesar 5,991.

3. Analisa kelas distribusi (P)

   P = $\frac{1}{G}$ X 100%

   = $\frac{1}{5}$ X 100%

   = 20,00 %

   Interval distribusinya adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%.

   P_x = 20 % → $T_{20\%}$ = $\frac{1}{0,20}$

   = 5 Tahun

   P_x = 40 % → $T_{40\%}$ = $\frac{1}{0,40}$

   = 2,5Tahun

P_x = 60 % → $T_{60\%} = \frac{1}{0,60}$

= 1,66667 Tahun

P_x = 80 % → $T_{80\%} = \frac{1}{0,80}$

= 1,25 Tahun

Dari analisa interval distribusi didapatkan nilai T yang dijadikan acuan untuk mendapat nilai faktor frekuensi (Kt) dari tabel Gauss.

T = 5 tahun

Kt = 0,840 (Tabel 4.58)

T = 2,5 tahun

Kt = 0,250 (Tabel 4.58)

T = 1,25 tahun

Kt = -0,840 (Tabel 4.58)

T = 1,66667

Kt = -0,254 (Hasil Inpterpolasi)

4. Analisa interval kelas

Log $\bar{X}r$ = 2,095

$S_{(Log\ \bar{X}r)}$ = 0,129

P_x = 20 %

Kt = 0,840

Log X = Log $\bar{X}r$ + (Kt*S)

= 2,095 + (0,840 * 0,129)

= 2,2034 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,2034))

= 159,7199 mm

P_x = 40 %

Kt = 0,250

Log X = Log $\bar{X}$r + (Kt*S)

= 2,095 + (0,250* 0,129)

= 2,1274 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,1274))

= 134,0868 mm

P_x = 60 %

Kt = -0,254

Log X = Log $\bar{X}$r + (Kt*S)

= 2,095 + (-0,254* 0,129)

= 2,0625 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,0625))

= 115,4833 mm

P_x = 80 %

Kt = -0,840

Log X = Log $\bar{X}$r + (Kt*S)

= 2,095 + (-0,840* 0,129)

= 1,9870 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(1,9870))

= 97,0574 mm

Tabel 4.62 Analisa Interval Kelas

Interval Distribusi						
No	Px (%)	Tahun (T)	Peluang (P) (%)	K	Log(X) (mm)	X (mm)
1	20	5	20,0	0,840	2,2034	159,7199
2	40	2,5	40,0	0,250	2,1274	134,0868
3	60	1,66667	60,0	-0,254	2,0625	115,4833
4	80	1,25	80,0	-0,840	1,9870	97,0574

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.63 Batasan Nilai Setiap Kelompok

No	Kelompok	Batasan Nilai
1	I	X ≤ 97,0574
2	II	97,0574 ≤ X ≤ 115,4833
3	III	115,4833 ≤ X ≤ 134,0868
4	IV	134,0868 ≤ X ≤ 159,7199
5	V	X ≥ 159,7199
Jumlah		

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Analisa frekuensi pengamatan (Ei)

Analisa frekuensi didapat dari hasil bagi antara jumlah data yang tersedia (n) dengan jumlah kelas yang ada (G).

$$Ei = \frac{n}{G}$$

$$= \frac{11}{5}$$

$$= 2{,}2$$

6. Analisa jumlah data setiap kelas (Oi)

Analisa banyaknya data dalam satu kelas (Oi) didapat dari menjumlahkan data yang ada pada masing-masing kelas yang telah ditentukan batas-batasnya.

Tabel 4.64 Jumlah Data Setiap Kelas (Oi)

No	Kelompok	Batasan Nilai	Curah Hujan (X)	Jumlah Data Oi
1	I	X ≤ 97,0574	68,544	3,0
			82,494	
			94,293	
2	II	97,0574 ≤ X ≤ 115,4833		0,0
3	III	115,4833 ≤ X ≤ 134,0868	120,832	1,0
4	IV	134 ≤ X ≤ 160	134,494	5,0
			143,367	
			147,726	
			149,492	
			154,200	
5	V	X ≥ 159,7199	160,487	2,0
			164,183	
Jumlah			11	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

7. Analisa *Chin-Square*

$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$Xn^2_I = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$= \frac{(3,0-2,20)^2}{2,2}$

$= 0,2909$

$Xn^2_{II} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$= \frac{(0,0-2,20)^2}{2,2}$

$= 2,2000$

$Xn^2_{III} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$= \frac{(2,0-2,20)^2}{2,2}$

$= 0,0182$

$Xn^2_{IV} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$= \frac{(5,0-2,20)^2}{2,2}$

$= 3,5636$

$Xn^2_V = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$= \frac{(1,0-2,20)^2}{2,2}$

$= 0,6545$

$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

$Xn^2 = Xn^2_I + Xn^2_{II} + Xn^2_{III} + Xn^2_{IV} + Xn^2_V$

$= 0,2909+2,2000+0,0182+3,5636+0,6545$

$= 6,7273$

Tabel 4.65 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi Log Normal

No	Kelompok	Batasan Nilai	Jumlah Data		(Oi-Ei)²	Xn²
			Oi	Ei		
1	I	X ≤ 97,0574	3,0	2,20	0,640	0,2909
2	II	97,0574 ≤ X ≤ 115,4833	0,0	2,20	4,840	2,2000
3	III	115,4833 ≤ X ≤ 134,0868	1,0	2,20	1,440	0,6545
4	IV	134,0868 ≤ X ≤ 159,7199	5,0	2,20	7,840	3,5636
5	V	X ≥ 159,7199	2,0	2,20	0,040	0,0182
Jumlah			11,0	11,00		6,7273

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

8. Kesimpulan

Nilai *Chi* kuadrat (Xn^2) = 6,727

Chi teoritis (X^2Cr) = 5,9910

X^2Cr	>	Xn^2	Memenuhi
X^2Cr	<	Xn^2	Tidak Memenuhi
5,9910	<	6,727	Tidak Memenuhi

4.3.2.4. Uji Kesesuaian *Chin-Square Log Person Type III*

1. Analisa jumlah kelas (G)

   n = 11

   G = 1+ 3,3 Log n

   = 1+ 3,3 Log (11)

   = 1+ 3,45951

   = 4,459507

   ≈ 5 Bulatkan

2. Derajat kebebasan (Dk)

   $R_{(Distribusi\ Normal\ \&\ binomial)}$ = 2

   Dk = G – (R+1)

   = 5 – (2+1)

   = 5 – 3

   = 2

   Dari analisa perhitungan derajat kebebasan didapat nilai Dk = 2 untuk α = 5% maka nilai X^2Cr didapat dari tabel 4.53 sebesar 5,991.

3. Analisa kelas distribusi (P)

   P = $\frac{1}{G}$ X 100%

   = $\frac{1}{5}$ X 100%

   = 20,00 %

   Interval distribusinya adalah 20%, 40%, 60%, dan 80%.

   P_x = 20 % → $T_{20\%}$ = $\frac{1}{0,20}$

   = 5 Tahun

   P_x = 40 % → $T_{40\%}$ = $\frac{1}{0,40}$

   = 2,5Tahun

P_x = 60 % → $T_{60\%} = \frac{1}{0,60}$

= 1,66667 Tahun

P_x = 80 % → $T_{80\%} = \frac{1}{0,80}$

= 1,25 Tahun

Dari analisa interval distribusi didapatkan nilai T dan Koefisien kemelencengan (Cs) yang dijadikan acuan untuk mendapat nilai faktor frekuensi (Kt) dari Tabel 4.38, kemudian nilai tersebut diinterpolasikan dengan nilai T yang ada. Berikut adalah analisa nilai Kt 2,5 Tahun yang terletak diantara Kt 2 Tahun dan Kt 5 Tahun.

Cs = -1,139

Kt_2 = 0,185

Kt_5 = 0,840

$kt_{2.5\ tahun} = 0,185+\left(\frac{(0,840-0,185)*(2,5)-(2,0)}{(5)-(2)}\right)$

= 0,8400

Nilai interpolasi nilai faktor frekuensi (Kt) dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.66 Rekapitulasi Nilai Faktor Frekuensi

Interpolasi Nilai Cs		
No	Periode Ulang (T)	Kt
1	5	0,840
2	2,5	0,294
3	1,6667	0,112
4	1,25	0,021

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Analisa interval kelas

Log $\bar{X}r$ = 2,095

$S_{(Log\ \bar{X}r)}$ = 0,129

P_x = 20 %

Kt = 0,840

Log X = Log $\bar{X}r$ + (Kt*S)

= 2,095 + (0,840 * 0,129)

= 2,2033 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,2033))

= 159,7165 mm

P_x = 40 %

Kt = 0,294

Log X = Log $\bar{X}r$ + (Kt*S)

= 2,095 + (0,294 * 0,129)

= 2,1330 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,1330))

= 135,8437 mm

P_x = 60 %

Kt = 0,112

Log X = Log $\bar{X}r$ + (Kt*S)

= 2,095 + (0,112 * 0,129)

= 2,1096 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,1096))

= 128,7072 mm

P_x = 80 %

Kt = 0,021

Log X = Log $\bar{X}r$ + (Kt*S)

= 2,095 + (0,021 * 0,129)

= 2,0979 mm

X = exp (Log X)

= exp (Log(2,0979))

= 125,2808 mm

Tabel 4.67 Analisa Interval Kelas

Interval Distribusi						
No	Px	Tahun	Peluang (P)	K	Log(X)	X
	(%)	(T)	(%)		(mm)	(mm)
1	20	5	20,0	0,840	2,2033	159,7165
2	40	2,5	40,0	0,294	2,1330	135,8437
3	60	1,66667	60,0	0,112	2,1096	128,7072
4	80	1,25	80,0	0,021	2,0979	125,2808

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.68 Batasan Nilai Setiap Kelompok

No	Kelompok	Batasan Nilai
1	I	X ≤ 125,2808
2	II	125,2808 ≤ X ≤ 128,7072
3	III	128,7072 ≤ X ≤ 135,8437
4	IV	135,8437 ≤ X ≤ 159,7165
5	V	X ≥ 159,7165
Jumlah		

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Analisa frekuensi pengamatan (Ei)

Ei = $\frac{n}{G}$

= $\frac{11}{5}$

= 2,2

6. Analisa jumlah data setiap kelas (Oi)

Analisa banyaknya data dalam satu kelas (Oi) didapat dari menjumlahkan data yang ada pada masing-masing kelas yang telah ditentukan batas-batasnya.

Tabel 4.69 Jumlah Data Setiap Kelas (Oi)

No	Kelompok	Batasan Nilai	Curah Hujan (X)	Jumlah Data Oi
1	I	X ≤ 125,2808	68,544	4,0
			82,494	
			94,293	
			120,832	
2	II	125,2808 ≤ X ≤ 128,7072		0,0
3	III	128,7072 ≤ X ≤ 135,8437	134,494	1,0
4	IV	135,8437 ≤ X ≤ 159,7165	143,367	4,0
			147,726	
			149,492	
			154,200	
5	V	X ≥ 159,7165	160,487	2,0
			164,183	
Jumlah			11,0	11,0

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

7. Analisa *Chin-Square*

$$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$Xn^2_I = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(4{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 1{,}4727$$

$$Xn^2_{II} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(0{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 2{,}2000$$

$$Xn^2_{III} = \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$= \frac{(1{,}0-2{,}20)^2}{2{,}2}$$

$$= 0{,}6545$$

$$Xn^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$$

$$Xn^2 = Xn^2_I + Xn^2_{II} + Xn^2_{III} + Xn^2_{IV} + Xn^2_V$$

$$= 1{,}4727+2{,}2000+0{,}6545+1{,}4727+0{,}0182+5{,}8182$$

$$= 4{,}0000$$

Tabel 4.70 Hasil Analisa Uji *Chi Square* Distribusi Log Normal

No	Kelompok	Batasan Nilai	Jumlah Data		(Oi-Ei)²	Xn²
			Oi	Ei		
1	I	X ≤ 125,2808	4,0	2,20	3,240	1,4727
2	II	125,2808 ≤ X ≤ 128,7072	0,0	2,20	4,840	2,2000
3	III	128,7072 ≤ X ≤ 135,8437	1,0	2,20	1,440	0,6545
4	IV	135,8437 ≤ X ≤ 159,7165	4,0	2,20	3,240	1,4727
5	V	X ≥ 159,7165	2,0	2,20	0,040	0,0182
Jumlah			11,0	11,00		5,8182

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

8. Kesimpulan

Nilai *Chi* kuadrat (Xn^2) = 5,8182

Chi Teoritis (X^2Cr) = 5,9910

(X^2Cr) > (Xn^2) Memenuhi

5,9910 > 5,818 Memenuhi

4.3.3 Kesimpulan Analisa Frekuensi

Berikut adalah kesimpulan hasil analisa perhitungan uji kesesuaian data menggunakan metode *Smirnov Kolmogorof* dan metode *Chi Square:*

Tabel 4.71 Kesimpulan Analisa Uji Kesesuaian Smirnov Kolmogorof

Uji Kesesuaian Smirnov Kolmogorof					
No	Metode / Variabel	*Gumbel*	Normal	Log Normal	*Log Pearson Type III*
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	Derajat Kesesuaian (α)	5%	5%	5%	5%
2	Perhitungan Dmax	0,110	0,103	0,092	-0,015
3	D Teoritis (Do)	0,396	0,396	0,396	0,396
4	Kesimpulan	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.72 Kesimpulan Analisa Uji Kesesuaian *Chi Square*

Uji Kesesuaian Chi Square					
No	Metode / Variabel	*Gumbel*	Normal	Log Normal	*Log Pearson Type III*
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	Jumlah Kelas (G)	5	5	5	5
2	Derajat Kesesuaian (α)	5%	5%	5%	5%
3	Perhitungan Chi kuadrat (Xn^2)	6,7273	4,0000	6,7273	5,8182
4	Chi Teoritis (X^2Cr)	5,9910	5,9910	5,9910	5,9910
5	Kesimpulan	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.4 Analisa *Probable Maksimum Precipitation* (PMP)

4.4.1 Analisa Nilai *Probable Maksimum Precipitation* (PMP)

X_{PMP} = Xm * 1,13

Xm = Xn + Km*Sn

Keterangan :

Km : Variable Statistic

Sn : Standar Deviasi

Xm : Curah Hujan maksimum yang mungkin terjadi

Xn : Rerata Curah hujan

1.13 : Faktor Interfal Pengamatan

4.4.1.1. Analisa *Probable Maksimum Precipitation I* (PMP I)

Luas DAS = 17,981 Km^2

n = 11

$\sum_{i=1}^{n}(X - \bar{X})^2$ = 10960,453

$\bar{X}r = \frac{\sum_{i=1}^{n} X}{n}$

$= \frac{1420,11}{11}$

= 129,101 mm

$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X-\bar{X})^2}{n-1}$

$= \frac{10960,453}{11-1}$

$= \frac{10960,453}{10}$

= 1096,045

$S_{(Xr)} = \sqrt{S^2}$

$= \sqrt{1096,045^2}$

= 33,107

Tabel 4.73 Curah Hujan Max (Xr)

Curah Hujan Max (Xr)								
No	Tahun	Stasiun Sumber	Stasiun Lawungan	Stasiun Todanan	Curah Hujan Max (X)	$X_{(Pengurutan)}$	(X-$\bar{X}$r)	$(X - \bar{X})^2$
		R_1*Ci_1 (mm)	R_2*Ci_2 (mm)	R_3*Ci_3 (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)
1	2010	16,259	38,021	93,446	147,726	164,183	35,081	1230,708
2	2011	15,175	16,998	36,371	68,544	160,487	31,386	985,102
3	2012	13,007	14,314	55,172	82,494	154,200	25,099	629,951
4	2013	14,091	17,892	102,511	134,494	149,492	20,391	415,795
5	2014	19,294	14,537	115,660	149,492	147,726	18,625	346,898
6	2015	13,007	25,273	122,207	160,487	143,367	14,265	203,503
7	2016	17,994	30,641	115,549	164,183	134,494	5,393	29,088
8	2017	19,511	19,011	82,311	120,832	120,832	-8,269	68,371
9	2018	9,756	14,761	118,850	143,367	94,293	-34,808	1211,619
10	2019	20,595	22,813	110,792	154,200	82,494	-46,608	2172,269
11	2020	18,210	22,813	53,270	94,293	68,544	-60,557	3667,149
Jumlah		176,900	237,073	1006,139	1420,112	1420,112	0,000	10960,453
Rata-rata ($\bar{X}$r)		16,082	21,552	91,467	129,101	129,101	0,000	996,405
Maksimum		20,595	38,021	122,207	164,183	164,183	35,081	3667,149
Minimum		9,756	14,314	36,371	68,544	68,544	-60,557	29,088
n		11	11	11	11	11	11	11

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.4.1.2. Analisa *Probable Maksimum Precipitation II* (PMP II)

Luas DAS = 17,981 Km^2

$\Sigma((Xr\text{-}m) - (\bar{X}r\text{-}m))^2$ = 9606,674

n = 11 tahun

Xr_{max} = 164,183 mm

$n_{(Xr\text{-}m)}$ = n -1

= 11-1

= 10

$\Sigma Xr\text{-}m$ = $\Sigma Xr - Xr_{max}$

= 1420,112 – 164,183

= 1255,930 mm

$\bar{X}r\text{-}m$ = $\frac{\Sigma Xr-m}{n-1}$

= $\frac{1255,930}{10}$

= 125,593 mm

S^2 = $\frac{\sum_{i=1}^{n}((Xr-m)-(\bar{X}r-m))^2}{n(Xr-1)-1}$

= $\frac{9606,674}{10-1}$

= $\frac{9606,674}{9}$

= 1067,408

$S_{(Xr\text{-}m)}$ = $\sqrt{S^2}$

= $\sqrt{106,408^2}$

= 32,671

Tabel 4.74 Curah Hujan Max (Xr-m)

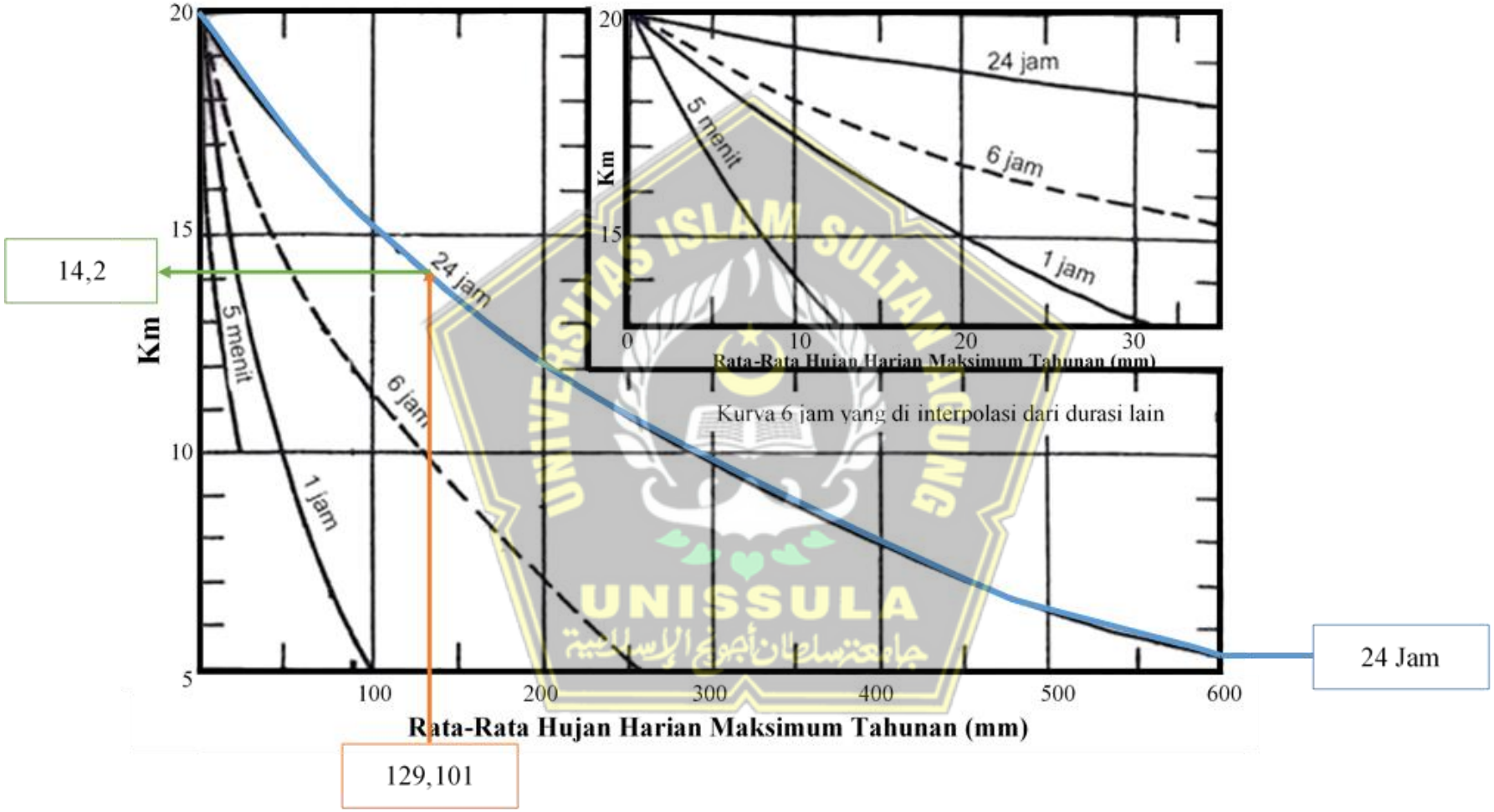
Curah Hujan Max (Xr-m)					
No	Tahun	Curah Hujan Max (Xr) (mm)	$X_{(Pengurutan)}$ (mm)	(Xr-m)-($\bar{X}$r-m)	$[(Xr-m) - (\bar{X}r-m)]^2$ (mm^2)
1	2010	147,726	-	-	-
2	2011	68,544	160,487	34,894	1217,625
3	2012	82,494	154,200	28,607	818,358
4	2013	134,494	149,492	23,899	571,171
5	2014	149,492	147,726	22,133	489,885
6	2015	160,487	143,367	17,774	315,900
7	2016	164,183	134,494	8,901	79,236
8	2017	120,832	120,832	-4,761	22,663
9	2018	143,367	94,293	-31,300	979,701
10	2019	154,200	82,494	-43,099	1857,564
11	2020	94,293	68,544	-57,049	3254,570
Jumlah		1420,112	1255,930	0,000	9606,674
Rata-rata ($\bar{X}$r-m)		129,101	125,593	0,000	960,667
Maksimum		164,183	160,487	34,894	3254,570
Minimum		68,544	68,544	-57,049	22,663
n		11	10	10	10

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.4.2 Analisa Nilai *Variable Statistic* (Km)

Nilai faktor frekuensi/*variable statistic* (Km) bergantung pada besarnya rerata curah hujan harian maksimum dan lama distribusi hujannya. Dari grafik nilai *variable statistik* (Km) pada gambar 4.12 dengan rerata curah hujan harian maksimum 129,101 mm untuk waktu distribusi 24 jam didapatkan:

Variable Statistik (Km) = 14,2 (Gambar 4.12)



Gambar 4.12 Grafik Nilai *Variable Statistic* (Km)

4.4.3 Analisa Nilai Faktor Penyesuaian Xn (f_1)

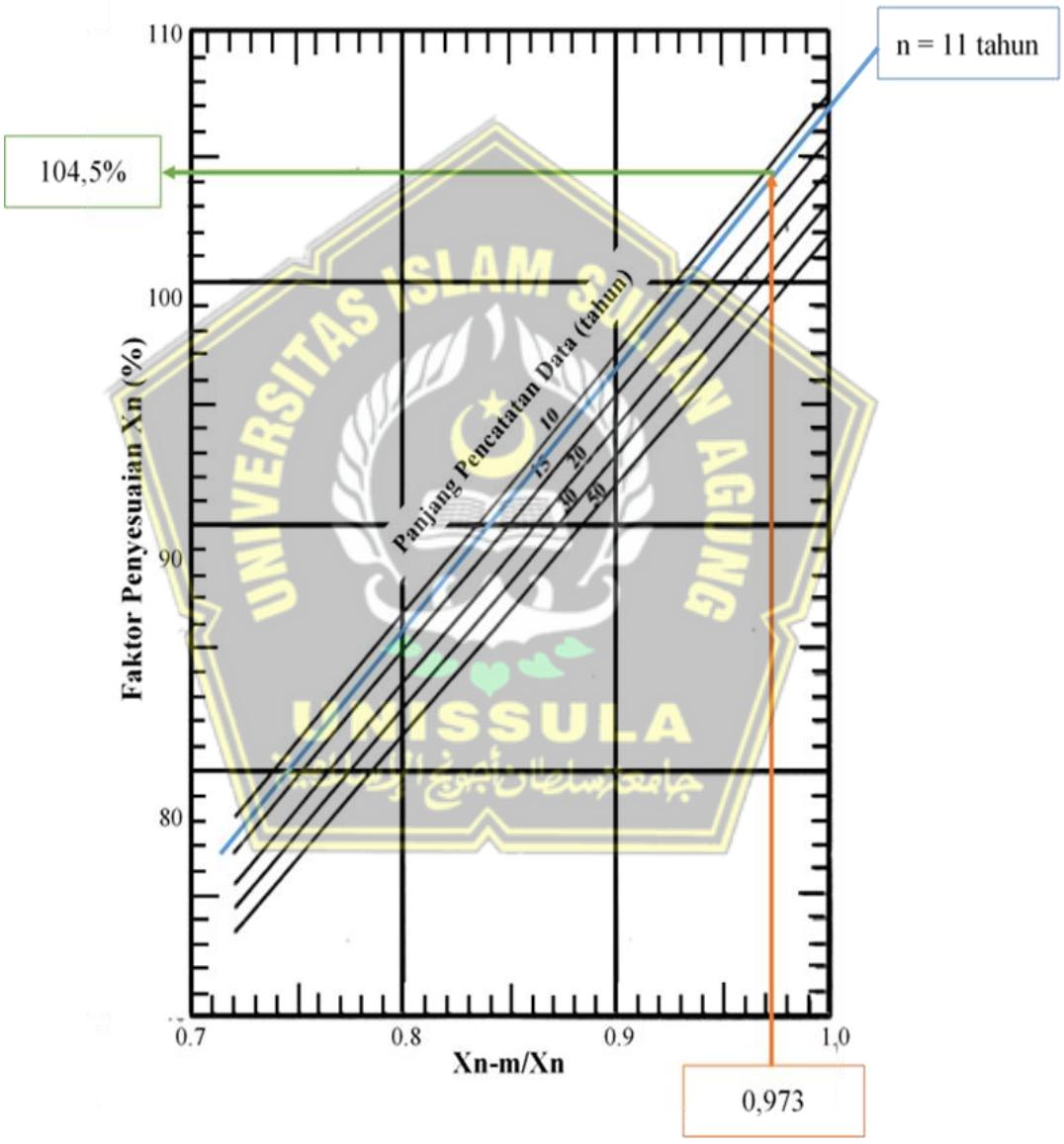
$\bar{X}r\text{-}m$ = 125,593 mm

$(\bar{X}r)$ = 129,101 mm

$$\frac{Xr-m}{Xr} = \frac{125{,}593}{129{,}101}$$

$$= 0{,}973$$

Faktor Penyesuaian $(\bar{X}r)$ = 104,5% (Gambar 4.13)



Gambar 4.13 Faktor Penyesuaian Rerata Terhadap Pengamatan Maksimum

4.4.4 Analisa Faktor Penyesuaian Standar Deviasi (Sn) (f_2)

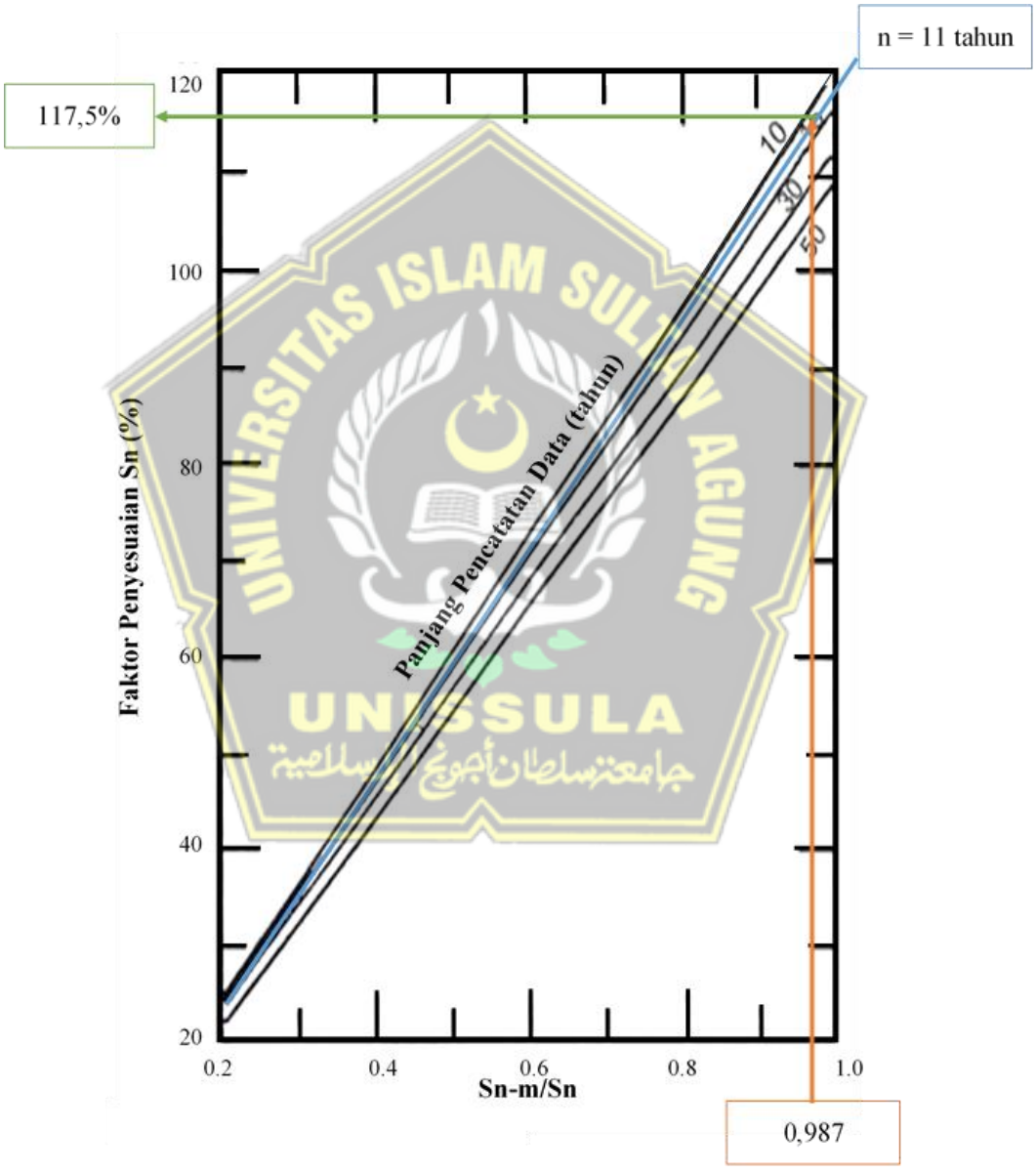
S(Xr) = 33,107

S(Xr-m) = 32,671

$$\frac{S(Xr-m)}{S(Xr)} = \frac{32,671}{33,107}$$

= 0,987

Faktor Standar Deviasi (Sn) = 117,5% (Gambar 4.14)



Gambar 4.14 Faktor Penyesuaian Standar Deviasi

4.4.5 Analisa Faktor Reduksi (F)

Faktor reduksi luasan suatu DAS dapat dilihat dari tabel 4.75. DAS Randugunting memiliki luasan seluas 17,981 Km². Kemudian faktor reduksi luasan didapat dari hasil interpolasi. Luas DAS diantara 10 sampai 50 Km². berikut perhitungan interpolasi faktor reduksi luasan DAS Randugunting:

L = 10 → F = 100,00%

L = 30 → F = 98,00%

$$L = 17{,}981 \rightarrow F = 100\% + \left(\frac{(98{,}00\% - 100\%) * (17{,}981 - 10)}{30 - 10}\right)$$

$$= 99{,}20\%$$

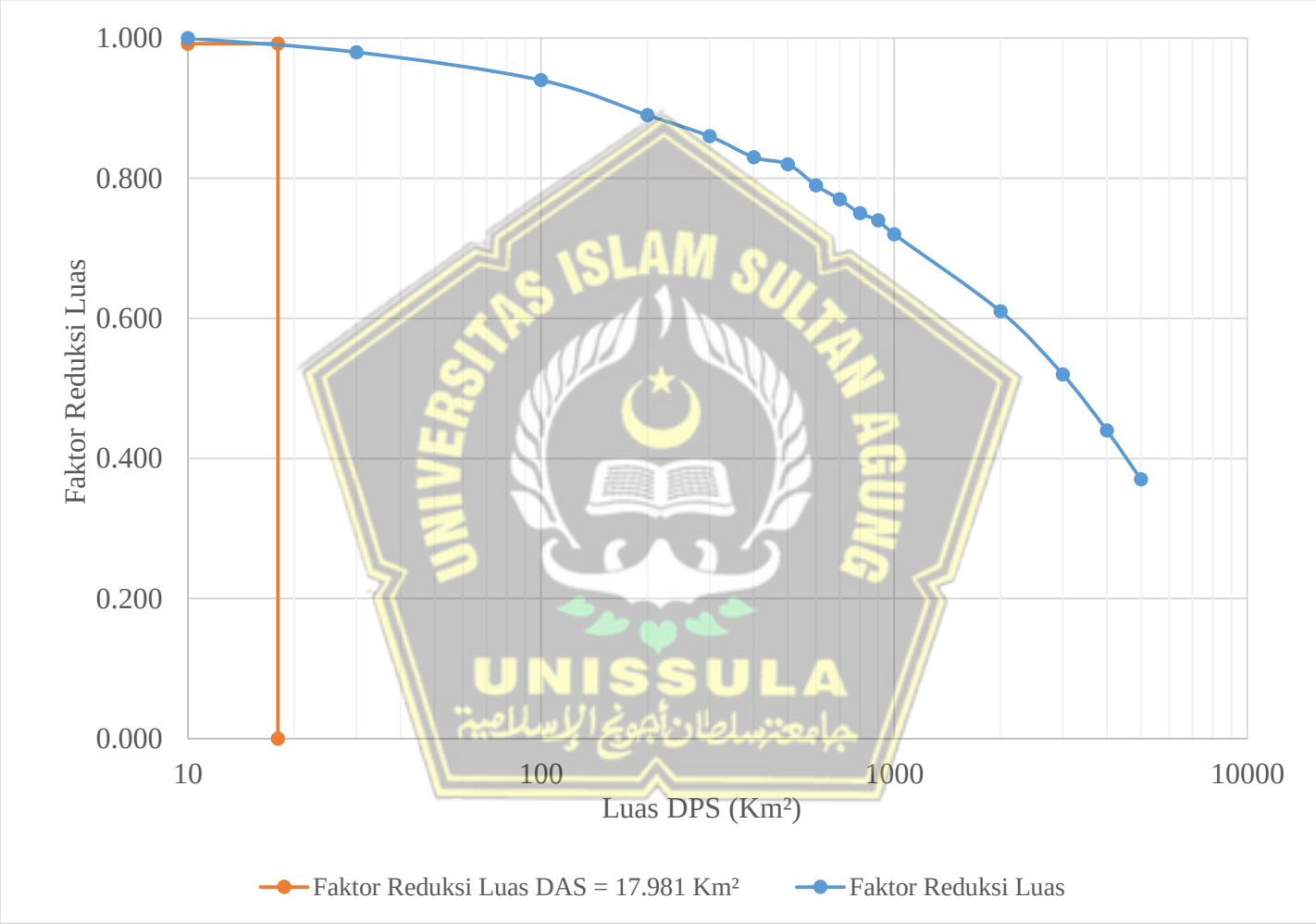
Selain melalui perhitungan interpolasi faktor reduksi luasan DAS juga dapat diperoleh dengan menghubungkan grafik faktor luasan dengan luasan DAS pada gambar 4.15.

Dari grafik 4.15 dan analisa perhitungan interpolasi didapatkan faktor luasan DAS Randugunting adalah (F) = 99,20%.

Tabel 4.75 Faktor Reduksi Luas

No	Luas DAS km²	Faktor Reduksi Luas
1	10	1
2	30	0,98
3	100	0,94
4	200	0,89
5	300	0,86
6	400	0,83
7	500	0,82
8	600	0,79
9	700	0,77
10	800	0,75
11	900	0,74
12	1000	0,72
13	2000	0,61
14	3000	0,52
15	4000	0,44
16	5000	0,37

(Sumber: Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume II (Analisa Hidrologi))



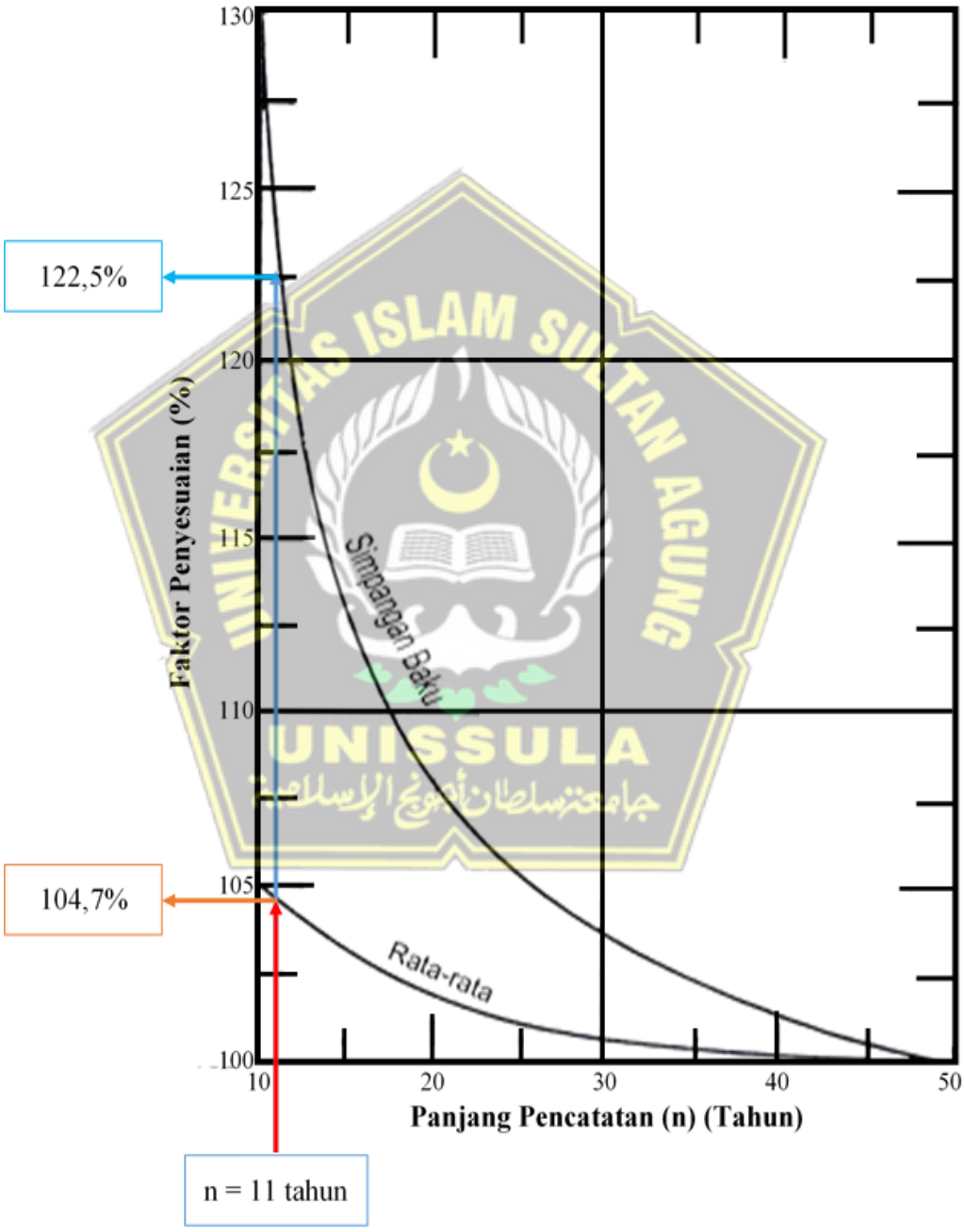
Gambar 4.15 Kurva Faktor Reduksi Luas

4.4.6 Analisa Nilai Faktor Penyesuaian Panjang Data

Faktor Penyesuaian (Xr) terhadap n dinotasikan dengan (f_3) dan faktor penyesuaian (Simpangan Baku) terhadap n dinotasikan dengan (f_4) didapat dari grafik hubungan jumlah data atau panjang data pada gambar 4.5.

(f_3) = 104,70% (Gambar 4.16)

(f_4) = 122,50% (Gambar 4.16)



Gambar 4.16 Grafik Faktor Penyesuaiaan Terhadap Panjang Data

4.4.7 Analisa Luasan Terkoreksi (Xn)

($\bar{X}r$) = 129,101 mm

Faktor Penyesuaian $\bar{X}r$ (f_1) = 104,5% (Gambar 4.13)

Faktor Penyesuaian (f_3) = 104,70% (Gambar 4.16)

Xn Terkoreksi = $\bar{X}r * f_1 * f_3$

= 129,101 * 104,5% *104,70%

= 141,251 mm

4.4.8 Analisa Standar Deviasi Terkoreksi (Sn)

$S_{(Xr)}$ = 33,107

Faktor Penyesuaian Sn (f_2) = 117,5% (Gambar 4.14)

Faktor Penyesuaian Sn (f_4) = 122,50% (Gambar 4.16)

Sn Terkoreksi = $S_{(Xr)} * f_2 * f_4$

= 33,107 * 117,5% * 122,50%

= 47,653 mm

4.4.9 Analisa Nilai PMP

Xn = 141,251

Sn = 47,653

Km = 14,2 (Gambar 4.12)

F = 99,20% (Gambar 4.15)

Xm = Xn + Km*Sn

= 141,251 + 14,2*47,653

= 817,921 mm

X_{PMP} = F * Xm * 1,13

= 99,20% * 817,921 * 1,13

= 916,875 mm

½ X_{PMP} = 458,437 mm

$2X_{PMP}$ = 1833,749 mm

4.5 Koefisien Pengairan

$$C = \frac{A1*C1+A2*C2+A3*C3+\cdots+Ai*Ci}{A1+A2+A3+\cdots+Ai}$$

$$= \frac{\sum_{n=1}^{i} A*C}{\sum A}$$

Keterangan :

A : Luas daerah berdasarkan penggunaan lahan

C : Koefisien pengaliran

Nilai koefisien pengaliran berdasarkan pembagian penggunaan lahan didapat dari tabel 4.76.

Tabel 4.76 Koefisien Pengaliran

No	Kondisi Daerah Aliran Sungai	Koefisien Pengairan (C)
1	Daerah Pegunungan dengan Lereng terjal dan curam	0,75 - 0,90
2	Daerah perbukitan tersier	0,70 - 0,80
3	Daerah bergelombang dengan hutan yang dipenuhi semak-semak	0,50 - 0,75
4	Daerah daratan yang ditanami / Perkebunan	0,45 - 0,60
5	Daerah Persawahan yang dialiri/ terdapat saluran irigasi	0,70 - 0,80
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
7	Sungai kecil di wilayah daratan	0,45 - 0,75
8	Sungai besar dengan wilayah pengairan yang lebih dari seperduanya berupa daratan	0,50 - 0,75

(Sumber: CD Soemarto, 1999)

Tabel 4.77 Analisa Penggunaan Lahan DAS Randugunting

No	Kegunaan Lahan	Presentase (%)	Luas (Ai) (km²)
1	Hutan	17,96%	3,229
2	Tegalan/Kebun	4,20%	0,755
3	Sawah Tadah Hujan	30,99%	5,572
4	Sawah Irigasi	1,09%	0,196
5	Semak Belukar	45,76%	8,228
Jumlah		100,00%	17,981

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari tabel 7.77 didapatkan luasan masing-masing fungsi guna lahan DAS Randugunting. Selanjutnya dapat dilakukan analisa besaran koefisien pengaliran dari tabel 4.76.

$$C = \frac{A1*C1+A2*C2+A3*C3+\cdots+Ai*Ci}{A1+A2+A3+\cdots+Ai}$$

$$= \frac{\sum_{n=1}^{i} A*C}{\sum A}$$

$$= \frac{13.08}{17,981}$$

$$= 0,73$$

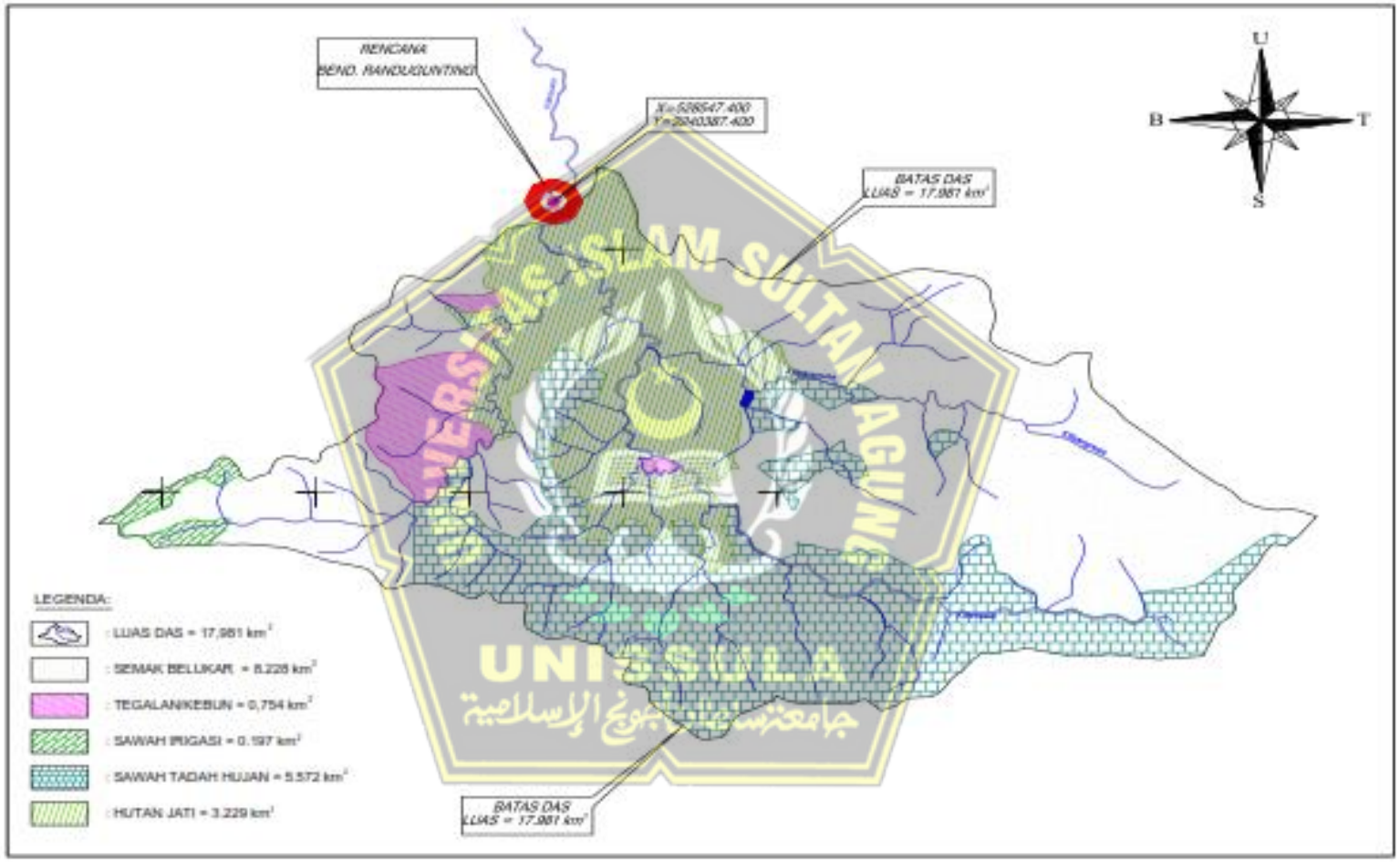
$$= 73\%$$

Tabel 4.78 Koefisien Pengairan DAS Randugunting

No	Kegunaan Lahan	Presentase (%)	Luas (Ai) (km²)	Angka Pengaliran (Ci)	(Ai*Ci)
1	Hutan	17,96%	3,229	0,75	2,42
2	Tegalan/Kebun	4,20%	0,755	0,60	0,45
3	Sawah Tadah Hujan	30,99%	5,572	0,70	3,90
4	Sawah Irigasi	1,09%	0,196	0,70	0,14
5	Semak Belukar	45,76%	8,228	0,75	6,17
Jumlah		100,00%	17,981	3,50	13,08
Koefisien Pengairan (C)					0,73
					73%

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari hasil analisa luasan fungsi guna lahan didapatkan nilai koefisien pengaliran DAS Randugunting sebesar C = 0,73.



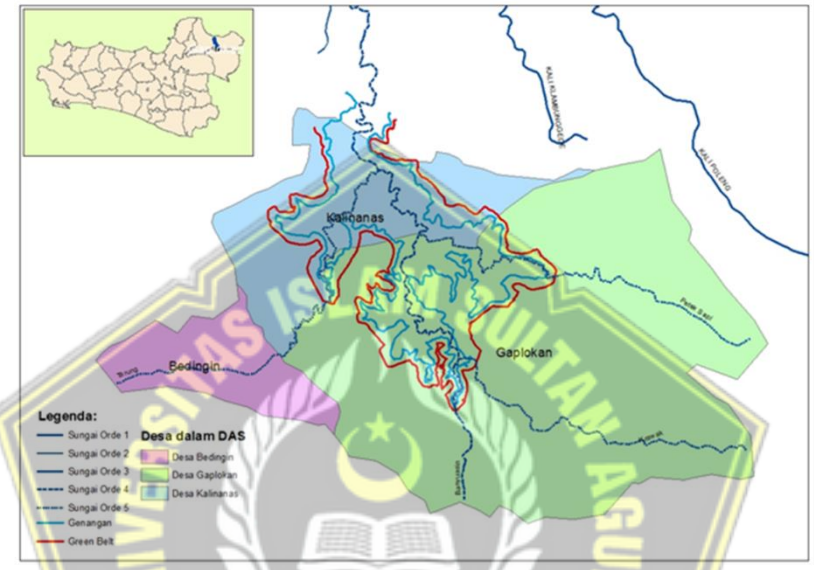
Gambar 5.1 Penggunaan Lahan DAS Bendungan Randugunting
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konserfasi Akhir Randugunting))

4.6 Analisa *Base Flow*

Debit aliran dasar (*base flow*) merupakan bagian curah hujan yang masuk kedalam tanah menajadi air tanah dan merembes masuk ke dalam sungai.

4.6.1 Karakteristik DAS Randugunting

Luas DAS	(A)	=	17,981	km²
Panjang Sungai Utama	(L)	=	8,70	km
Panjang Sungai Semua Tingkat	(Lt)	=	55,07	km



Gambar 4.17 Peta DTA Randugunting
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konserfasi Akhir Randugunting))



Gambar 4.18 Peta Pembagian Tingkat Sungai
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konserfasi Akhir Randugunting))

4.6.2 Kerapatan Jaringan Kuras (D)

$$D = \frac{Lt}{A}$$

Keterangan :

D : Kerapatan Jaringan Kuras

Lt : Panjang Sungai Semua Tingkat

A : Luasan DAS

A = 17,981 km²

Lt = 55,07 km

$$D = \frac{Lt}{A}$$

$$= \frac{55,07}{17,981}$$

= 3,06 km/km²

4.6.3 *Base Flow* (QB)

$$QB = 0,4751 * A^{0.6444} * D^{0,9430}$$

Keterangan :

QB : Aliran dasar/ *base flow*

D : Kerapatan jaringan kuras

A : Luasan DAS

D = 3,06km/km²

A = 17,981 km²

$$QB = 0,4751 * A^{0,6444} * D^{0,9430}$$

$$= 0,4751 * 17,981^{0,6444} * 3,06^{0,9430}$$

= 8,79 m³/dt

4.7 Analisa Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan

4.7.1 Perhitungan Distribusi Curah Hujan Jam-jaman

4.7.1.1. Analisa Curah Hujan Efektif (R_{eff})

R_{eff} = Rt * C

Keterangan :

R_{eff} : Curah hujan efektif

C : Koefisien pengairan

Rt : Curah hujan rencana
dari metode *log pearson III* dan Analisa PMP

C = 0,73

R_{eff1} = Rt_1 * C
= 131,5157 * 0,73
= 95,6987 mm

R_{eff2} = Rt_2 * C
= 159,7165* 0,73
= 116,2193 mm

R_{eff3} = Rt_2 * C
= 172,4417* 0,73
= 125,4789 mm

R_{eff4} = Rt_2 * C
= 183,5479* 0,73
= 133,5605 mm

.

.

.

R_{effPMP} = Rt_{PMP} * C
= 916,8745* 0,73
= 667,1729 mm

Tabel 4.79 Curah Hujan Efektif Metode *Log Pearson Type III* dan PMP

No	Periode Ulang (T)	Distribusi Curah Hujan Rancangan (Rt)		Curah hujan efektif Reff (mm)
		Log Pearson Type III (mm)	PMP (mm)	
1	2	131,5157		95,6987
2	5	159,7165		116,2193
3	10	172,4417		125,4789
4	25	183,5479		133,5605
5	50	189,5022		137,8932
6	100	194,0343		141,1910
7	200	197,5995		143,7852
8	1000	208,5174		151,7298
9	1/2 PMP	-	458,4373	333,5865
10	PMP	-	916,8745	667,1729

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.7.1.2. Analisa Rerata Hujan Sampai Jam ke-t (R_t)

$$R_t = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

R_t : Rerata hujan sampai jam ke-t

R_{24} : Curah hujan harian dalam 24 jam efektif (mm)

T : Durasi hujan terpusat (Asumsi = 5 jam)

t : Durasi hujan (jam)

Analisa perhitungan Rerata Hujan sampai jam ke-t sebagai berikut:

1. Jam ke-1

   t = 1 jam

   T = 5 jam

   $R_{t1jam} = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$

   $= \frac{R_{24}}{5} * \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{2}{3}}$

   = 0,585 R_{24}

2. Jam ke-2

t = 2 jam

T = 5 jam

$R_{t2jam} = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$

$= \frac{R_{24}}{5} * \left(\frac{5}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$

= 0,368 R_{24}

3. Jam ke-3

t = 3 jam

T = 5 jam

$R_{t3jam} = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$

$= \frac{R_{24}}{5} * \left(\frac{5}{3}\right)^{\frac{2}{3}}$

= 0,281 R_{24}

4. Jam ke-4

t = 4 jam

T = 5 jam

$R_{t4jam} = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$

$= \frac{R_{24}}{5} * \left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{2}{3}}$

= 0,232 R_{24}

5. Jam ke-5

t = 5 jam

T = 5 jam

$R_{t5jam} = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$

$= \frac{R_{24}}{5} * \left(\frac{5}{5}\right)^{\frac{2}{3}}$

= 0,200 R_{24}

4.7.1.3. Analisa Intensitas Curah Hujan Pada Jam ke-t (R_T)

$R_T = t * R_t - [(t - 1) * R_{t(t-1)}]$

Keterangan :

R_T : Intensitas curah hujan pada jam ke-t

t : Durasi hujan (jam)

R_t : Rerata hujan sampai jam ke-t

Analisa perhitungan intensitas curah hujan pada jam ke-t sebagai berikut:

1. Jam ke-1

$t_1 = 1$ jam

$R_{t0jam} = 0\ R_{24}$

$R_{t1jam} = 0{,}585\ R_{24}$

$R_{T=1} = t_1 * R_{t1} - [(t_1 - 1) * R_{t(t-1)}]$

$= 1 * 0{,}585\ R_{24} - [(1 - 1) * R_{t(1-1)}]$

$= 1 * 0{,}585\ R_{24} - [(0) * R_{t(0)}]$

$= 1 * 0{,}585\ R_{24} - [(0) * 0\ R_{24}]$

$= 1 * 0{,}585\ R_{24} - [0]$

$= 0{,}585\ R_{24}$

$= 58{,}5\%\ R_{24}$

2. Jam ke-2

$t_2 = 2$ jam

$R_{t1jam} = 0{,}585\ R_{24}$

$R_{t2jam} = 0{,}368\ R_{24}$

$R_{T=2} = t_2 * R_{t2} - [(t_2 - 1) * R_{t(t-1)}]$

$= 2 * 0{,}368\ R_{24} - [(2 - 1) * R_{t(2-1)}]$

$= 2 * 0{,}368\ R_{24} - [(1) * R_{t(1)}]$

$= 2 * 0{,}368\ R_{24} - [(1) * 0{,}585\ R_{24}]$

$= 0{,}152\ R_{24}$

$= 15{,}20\%\ R_{24}$

3. Jam ke-3

t_3 = 3 jam

R_{t2jam} = 0,368 R_{24}

R_{t3jam} = 0,281 R_{24}

$R_{T=3} = t_3 * R_{t3} - [(t_3 - 1) * R_{t(t-1)}]$

$= 3 * 0{,}281\ R_{24} - [(3 - 1) * R_{t(3-1)}]$

$= 3 * 0{,}281\ R_{24} - [(2) * R_{t(2)}]$

$= 3 * 0{,}281\ R_{24} - [(2) * 0{,}368\ R_{24}]$

$= 0{,}107\ R_{24}$

4. Jam ke-4

t_4 = 4 jam

R_{t3jam} = 0,281 R_{24}

R_{t4jam} = 0,232 R_{24}

$R_{T=4} = t_4 * R_{t3} - [(t_4 - 1) * R_{t(t-1)}]$

$= 4 * 0{,}232\ R_{24} - [(4 - 1) * R_{t(4-1)}]$

$= 4 * 0{,}232\ R_{24} - [(3) * R_{t(3)}]$

$= 4 * 0{,}232\ R_{24} - [(3) * 0{,}281\ R_{24}]$

$= 0{,}085\ R_{24}$

5. Jam ke-5

t_5 = 5 jam

R_{t4jam} = 0,232 R_{24}

R_{t5jam} = 0,200 R_{24}

$R_{T=5} = t_5 * R_{t3} - [(t_5 - 1) * R_{t(t-1)}]$

$= 5 * 0{,}200\ R_{24} - [(5 - 1) * R_{t(5-1)}]$

$= 5 * 0{,}200\ R_{24} - [(4) * R_{t(4)}]$

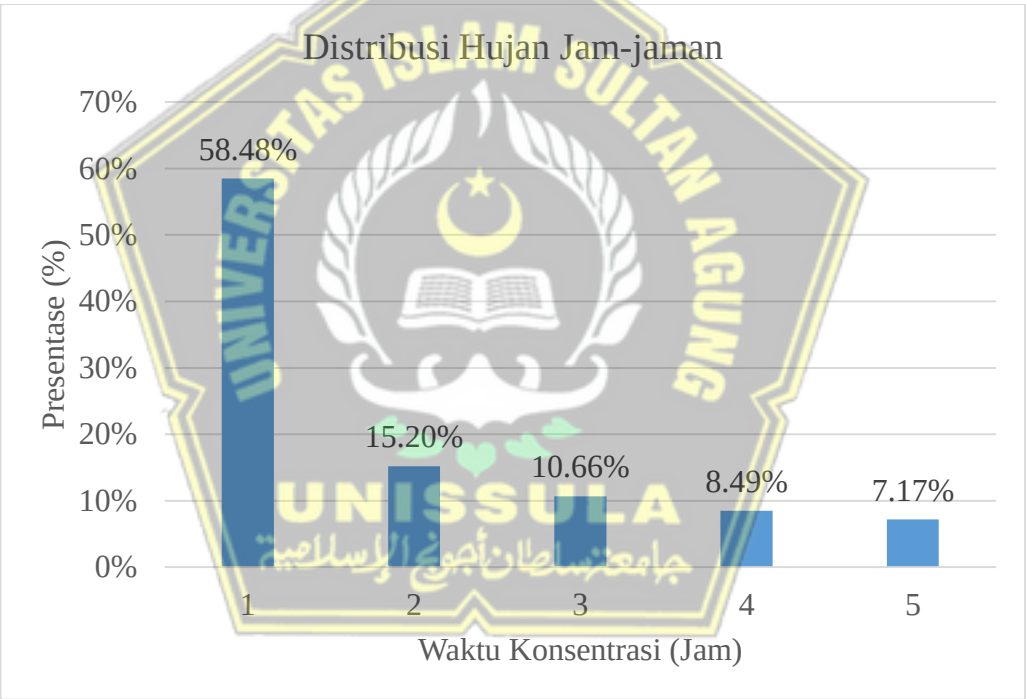
$= 5 * 0{,}200\ R_{24} - [(4) * 0{,}232\ R_{24}]$

$= 0{,}072\ R_{24}$

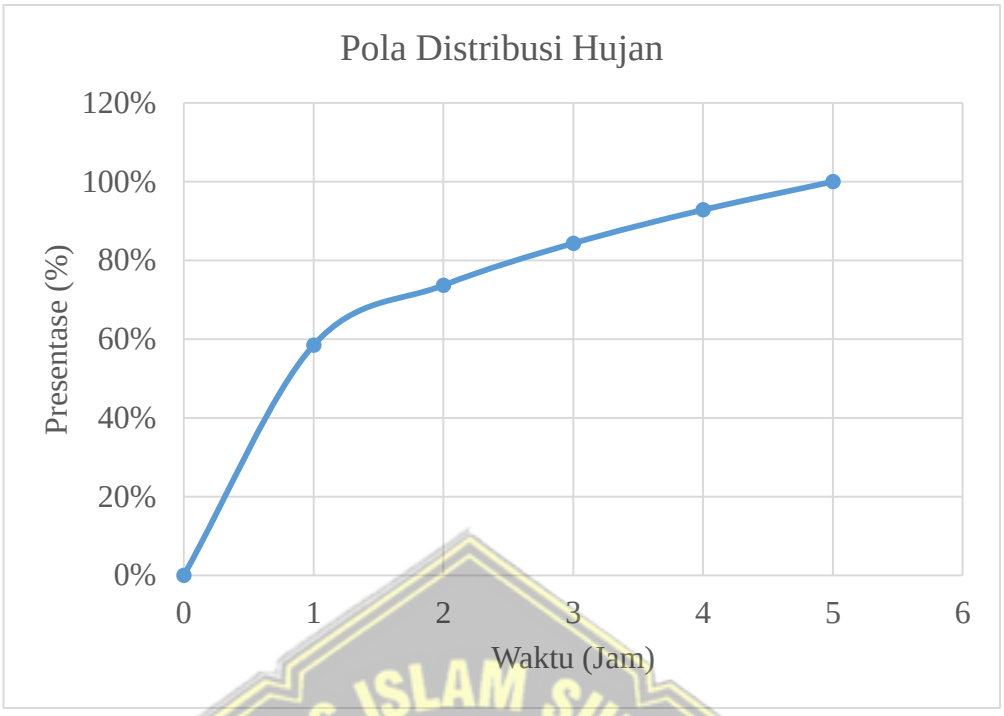
Tabel 4.80 Analisa Rerata dan Curah Hujan Jam-jaman

No	t (Jam)	Rt (mm)	RT (mm)	R %	Komulatif %
1	0	0,000	0,000	0,00	0,00%
2	1	0,585	0,585	58,48	58,48%
3	2	0,368	0,152	15,20	73,68%
4	3	0,281	0,107	10,66	84,34%
5	4	0,232	0,085	8,49	92,83%
6	5	0,200	0,072	7,17	100,00%
Jumlah		1,666	1,000	100,00	

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.19 Distribusi Hujan Jam-jaman
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.20 Pola Distribusi Hujan
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.7.1.4. Analisa Rasio Curah Hujan Efektif Jam-jaman

$R = R_{eff} * R_T$

Keterangan :

R : Rasio hujan efektif jam-jaman

R_{eff} : Curah hujan efektif

R_T : Intensitas curah hujan pada jam ke-t

Analisa rasio curah hujan efektif dengan periode ulang dua 2 tahun dengan data yang diketahui dari hasil analisa sebelumnya:

Periode ulang (T) = 2 tahun

Distribusi curah hujan rancangan (Rt) = 131,5157 (mm)

Curah hujan efektif (R_{eff}) = 95,6987 (mm)

Rasio distribusi hujan sampai jam ke-t (mm)

1. (0-1) Jam

   $R_{T=1}$ = 58,5% R_{24}

   $R = R_{eff} * R_T$

   = 95,6987*58,48% R_{24}

   = 55,9649 R_{24}

2. (1-2) Jam

$R_{T=2}$ =15,20% R_{24}

R = R_{eff} * R_T

= 95,6987*15,20% R_{24}

= 14,5465 R_{24}

3. (2-3) Jam

$R_{T=3}$= 10,66% R_{24}

R = R_{eff} * R_T

= 95,6987*10,66% R_{24}

= 10,2040 R_{24}

4. (3-4) Jam

$R_{T=4}$ = 8,49% R_{24}

R = R_{eff} * R_T

= 95,6987*8,49% R_{24}

= 8,1234 R_{24}

5. (4-5) Jam

$R_{T=5}$ = 7,17% R_{24}

R = R_{eff} * R_T

= 95,6987*7,17% R_{24}

= 6,8599 R_{24}

Hasil analisa rasio curah hujan efektif untuk periode ulang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.81.

Tabel 4.81 Distribusi Curah Hujan Efektif Jam-jaman

No	Periode Ulang (T)	Distribusi Curah Hujan Rancangan (Rt) (mm)	Curah Hujan Hfektif Reff (mm)	Rasio Distribusi Hujan Sampai Jam Ke-t (mm)				
				(0-1) Jam 58,48%	(1-2) Jam 15,20%	(2-3) Jam 10,66%	(3-4) Jam 8,49%	(4-5) Jam 7,17%
1	2	131,5157	95,6987	55,9649	14,5465	10,2040	8,1234	6,8599
2	5	159,7165	116,2193	67,9655	17,6657	12,3920	9,8653	8,3309
3	10	172,4417	125,4789	73,3805	19,0731	13,3794	10,6513	8,9946
4	25	183,5479	133,5605	78,1066	20,3016	14,2411	11,3373	9,5739
5	50	189,5022	137,8932	80,6404	20,9601	14,7031	11,7051	9,8845
6	100	194,0343	141,1910	82,5690	21,4614	15,0547	11,9850	10,1209
7	200	197,5995	143,7852	84,0861	21,8557	15,3313	12,2052	10,3068
8	1000	208,5174	151,7298	88,7321	23,0633	16,1784	12,8796	10,8763
9	1/2 PMP	458,4373	333,5865	195,0825	50,7061	35,5691	28,3165	23,9122
10	PMP	916,8745	667,1729	390,1651	101,4121	71,1382	56,6330	47,8244

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.7.2 Analisa Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan

4.7.2.1. Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu*

1. Karakteristik DAS
   a. Koefisien pengaliran (C) = 0,73
   b. Kerapatan Jaringan Kuras (D) = 3,06 km/km²
   c. Aliran Dasar/ *Base Flow* (QB) = 8,79 m³/dt
   d. Koefisien Limpasan (α) = 1,74
   e. Hujan Satuan (Ro) = 1 mm
   f. Luas DAS (A) = 17,981 km²
   g. Panjang Sungai Utama (L) = 8,70 km
   h. Panjang Sungai (Lt) = 55,07 km
2. Parameter hidrograf
   a. Waktu konsentrasi (Tg)

      Tg = $0{,}21 * L^{0.7}$

      = $0{,}21 * (8{,}70)^{0.7}$

      = 0,95 Jam

   b. Satuan waktu hujan (Tr)

      Tr = 0,5 * Tg

      = 0,5 * 0,95

      = 0,48 Jam

   c. Selang waktu (Tp)

      Tg = 0,95 Jam

      Tr = 0,48 Jam

      Tp = Tg +(0,8* Tr)

      = 0,95 +(0,8* 0,48)

      = 1,34 Jam

d. Waktu penurunan debit ($T_{0.3}$)

$T_{0.3}$ = α * Tg

= 1,74 * 0,95

= 1,66

e. Debit puncak bajir (Qp)

Hujan satuan	(Ro)	=	1	mm
Luas DAS	(A)	=	17,981	km²
Koefisien pengaliran	(C)	=	0,73	
Selang waktu	(Tp)	=	1,34	Jam
Waktu penurunan debit	($T_{0.3}$)	=	1,66	

$$Qp = \frac{(A*Ro*C)}{3{,}6*(0{,}3*Tp+T_{0.3})}$$

$$= \frac{(17{,}891*1*0{,}73)}{3{,}6*(0{,}3*1{,}34+1{,}66)}$$

= 1,76 m^3/dt

3. Batas nilai kurva

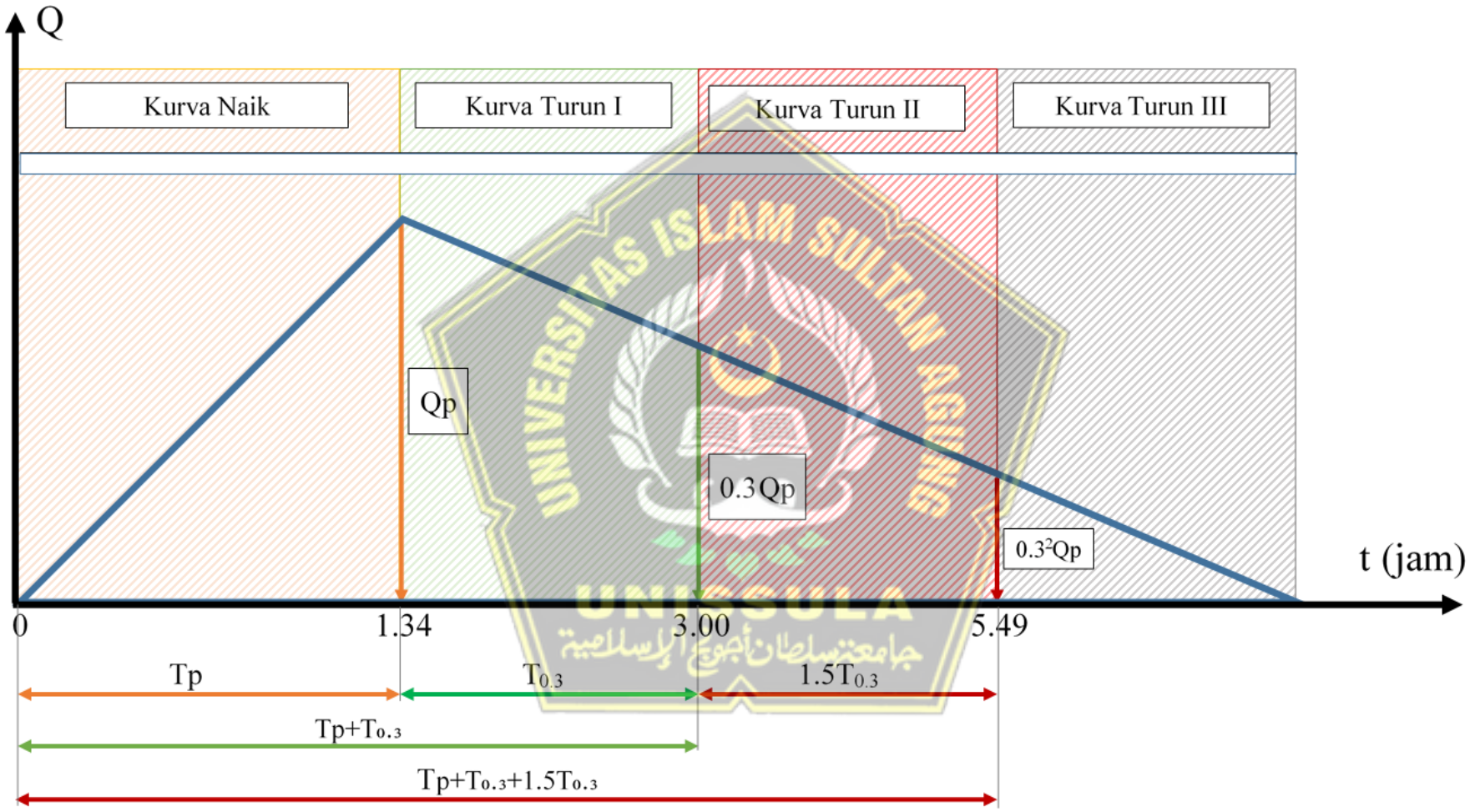
Selang waktu	(Tp)	=	1,34	Jam
Waktu penurunan debit	($T_{0.3}$)	=	1,66	

$Tp+T_{0.3}$ = 1,34+1,66

= 3,00 Jam

$Tp+T_{0.3}+1.5T_{0.3}$ = 1,34+1,66+1,5(1,66)

= 5,49 Jam



Gambar 4.21 Pembagian Batas Kurva Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu*

4. Analisa Nilai Hidrograf Banjir

a. Kurva naik

Tp = 1,34 Jam

Qp = 1,76 m^3/dt

Interval t = 0<t<Tp

= 0<t<1,34

$A = \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4}$

Qt = A*Qp

Berikut adalah analisa perhitungan luasan untuk 0<t<1,34:

t = 0 jam

$A_0 = \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4}$

$= \left(\frac{0}{1,34}\right)^{2,4}$

= 0,00

t = 1 jam

$A_{1.0} = \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4}$

$= \left(\frac{1}{1,34}\right)^{2,4}$

= 0,50

t = Tp 1,34 jam

$A_{1.34} = \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4}$

$= \left(\frac{1,34}{1,34}\right)^{2,4}$

= 1,00

Berikut adalah analisa perhitungan rasio debit banjir untuk 0<t<1,34:

Qt_0 = A_0*Qp
= 0,00*1,76
= 0,00 m^3/dt

Qt_1 = A_1*Qp
= 0,50*1,76
= 0,88 m^3/dt

$Qt_{1.34}$ = $A_{1.34}$*Qp
= 1,00 *1,76
= 1,76 m^3/dt

Tabel 4.82 Analisa Kurva Naik

0<t<Tp		
0 < t < 1,34		
t (Jam)	A	Qt m^3/dt
0,0	0,00	0,00
1,0	0,50	0,88
1,34	1,00	1,76

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Kurva turun I

Tp = 1,34 Jam

$T_{0.3}$ = 1,66 Jam

Interval t = Tp<t<[Tp+$T_{0.3}$]
= 1,34<t<[3,00]

A = $0{,}3^{\frac{t-Tp}{T_{0.3}}}$

Qt = A*Qp

Berikut adalah analisa perhitungan luasan untuk 1,34<t<[3,00]:

$A_{1,34}$ = $0{,}3^{\frac{t_{1,34}-Tp}{T_{0.3}}}$

= $0{,}3^{\frac{1{,}34-1{,}34}{1{,}66}}$

= 1,00

$A_{1,5}$ = $0{,}3^{\frac{t_{1,5}-Tp}{T_{0.3}}}$

= $0{,}3^{\frac{1{,}5-1{,}34}{1{,}66}}$

= 0,89

$A_{2,0}$ = $0{,}3^{\frac{t_{2,0}-Tp}{T_{0,3}}}$

= $0{,}3^{\frac{2{,}0-1{,}34}{1{,}66}}$

= 0,62

$A_{2,5}$ = $0{,}3^{\frac{t_{2,5}-Tp}{T_{0,3}}}$

= $0{,}3^{\frac{2{,}5-1{,}34}{1{,}66}}$

= 0,43

$A_{3,0}$ = $0{,}3^{\frac{3{,}0-Tp}{T_{0,3}}}$

= $0{,}3^{\frac{3{,}0-1{,}34}{1{,}66}}$

= 0,30

Berikut adalah analisa perhitungan rasio debit banjir untuk 1,34<t<[3,00]:

$Qt_{1,34}$ = $A_{1,34}$*Qp

= 1,00 * 1,76

= 1,76 m^3/dt

$Qt_{1,5}$ = $A_{1,5}$*Qp

= 0,89* 1,76

= 1,56 m³/dt

$Qt_{2,0}$ = $A_{2,0}$*Qp

= 0,62* 1,76

= 1,09 m³/dt

$Qt_{2,5}$ = $A_{2,5}$*Qp

= 0,43* 1,76

= 0,76 m³/dt

$Qt_{3,0}$ = $A_{3,0}$*Qp

= 0,30* 1,76

= 0,53 m³/dt

Tabel 4.83 Analisa Kurva Turun I

Tp<t<[Tp+T0.3]		
1,34 < t < 3,00		
t (Jam)	A	Qt m³/dt
1,34	1,00	1,76
1,5	0,89	1,56
2,0	0,62	1,09
2,5	0,43	0,76
3,0	0,30	0,53

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

c. Kurva turun II

Tp = 1,34 Jam

$T_{0,3}$ = 1,66 Jam

$Tp+T_{0,3}$ = 3,00 Jam

$Tp+T_{0,3}+1,5T_{0,3}$ = 5,49 Jam

Interval t = $[Tp+T_{0,3}]<t<[Tp+T_{0,3}+1,5T_{0,3}]$

$3,00 < t < 5,49$

A = $0,3^{\frac{t-Tp+0.5T_{0.3}}{1.5T_{0.3}}}$

Qt = A*Qp

Berikut adalah analisa perhitungan luasan untuk 3,00 < t < 5,49:

$A_{3,0}$ = $0,3^{\frac{t_{3,0}-Tp+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}}$

= $0,3^{\frac{3,0-1,34+0,5*1,66}{1,5*1,66}}$

= 0,30

$A_{3,5}$ = $0,3^{\frac{t_{3,5}-Tp+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}}$

= $0,3^{\frac{3,5-1,34+0,5*1,66}{1,5*1,66}}$

= 0,24

.

.

.

$A_{5,49}$ = $0,3^{\frac{t_{5,49}-Tp+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}}$

= $0,3^{\frac{5,49-1,34+0,5*1,66}{1,5*1,66}}$

= 0,09

Berikut adalah analisa perhitungan rasio debit banjir untuk 3,00 < t < 5,49:

$Qt_{3,0}$ = $A_{3,0}$*Qp
= 0,30 *1,76
= 0,53 m³/dt

$Qt_{3,5}$ = $A_{3,5}$*Qp
= 0,24*1,76
= 0,41 m³/dt

.
.
.

$Qt_{5,49}$ = $A_{5,49}$*Qp
= 0,09 .*1,76
= 0,16 m³/dt

Tabel 4.84 Analisa Kurva Turun II

$[Tp+T_{0,3}]<t<[Tp+T_{0,3}+1,5T_{0,3}]$		
3,00 < t < 5,49		
t (Jam)	A	Qt m³/dt
3,0	0,30	0,53
3,5	0,24	0,41
4,0	0,18	0,33
4,5	0,15	0,26
5,0	0,11	0,20
5,49	0,09	0,16

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

d. Kurva turun III

$Tp+T_{0,3}+1,5T_{0,3}$ = 5,49 Jam

Interval t = $t > [Tp+T_{0,3}+1,5T_{0,3}]$
= t > 5,49 Jam

A = $0,3^{\frac{t-Tp+0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}}$

Qt = A*Qp

Berikut adalah analisa perhitungan luasan untuk t > 5,49 Jam:

$A_{5,49}$ = $0,3^{\frac{t_{5,49}-Tp+0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}}$

= $0,3^{\frac{5,49-1,34+0,5*1,66}{2*1,66}}$

= 0,0900

$A_{6,0}$ = $0,3^{\frac{t_{6,0}-Tp+0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}}$

= $0,3^{\frac{6,0-1,34+0,5*1,66}{2*1,66}}$

= 0,0749

.

.

.

A_{24} = $0,3^{\frac{t_{24}-Tp+0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}}$

= $0,3^{\frac{24-1,34+0,5*1,66}{2*1,66}}$

= 0,0001

Berikut adalah analisa perhitungan rasio debit banjir untuk t > 5,49 Jam

$Qt_{5,49}$ = $A_{5,49}$*Qp

= 0,0900*1,76

= 0,16 m^3/dt

$Qt_{6,0}$ = $A_{6,0}$*Qp

= 0,0749*1,76

= 0,132 m^3/dt

.

.

.

Qt_{24} = A_{24}*Qp

= 0,0001*1,76

= 0,0002 m^3/dt

Hasil analisa perhitungan luasan dan rasio debit banjir lainnya untuk t > 5,49 jam disajikan dalam tabel 4.85, sebagai berikut:

Tabel 4.85 Analisa Kurva Turun III

$t > [Tp+T_{0.3}+1.5T_{0.3}]$		
t	>	5,49
t (Jam)	A	Qt m^3/dt
5,49	0,0900	0,159
6,0	0,0749	0,132
7,0	0,0521	0,092
8,0	0,0363	0,064
9,0	0,0253	0,045
10,0	0,0176	0,031
11,0	0,0122	0,0216
12,0	0,0085	0,0150
13,0	0,0059	0,0105
14,0	0,0041	0,0073
15,0	0,0029	0,0051
16,0	0,0020	0,0035
17,0	0,0014	0,0025
18,0	0,0010	0,0017
19,0	0,0007	0,0012
20,0	0,0005	0,0008
21,0	0,0003	0,0006
22,0	0,0002	0,0004
23,0	0,0002	0,0003
24,0	0,0001	0,0002

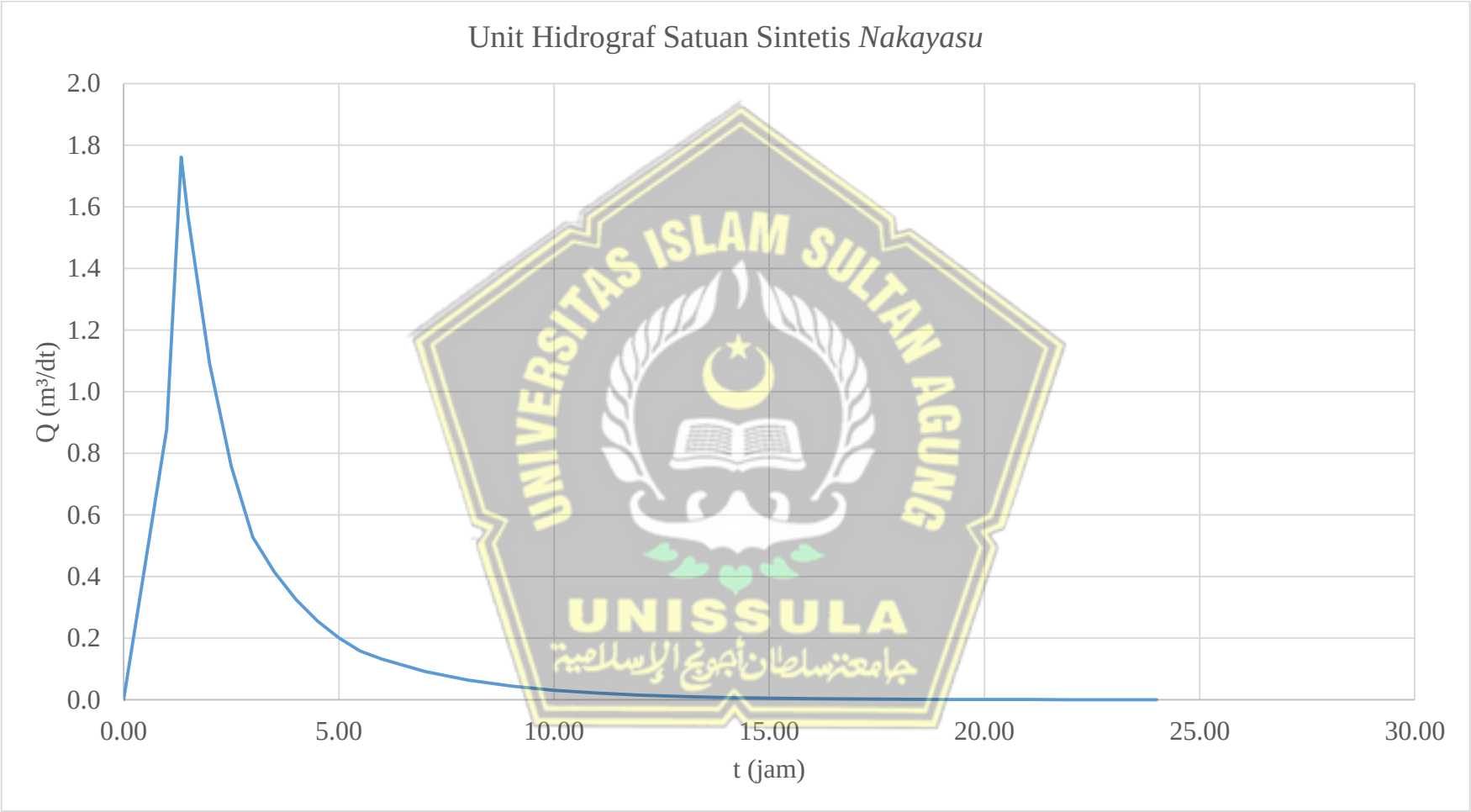
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari seluruh analisa nilai kenaikan dan penurunan nilai kurva hidrograf satuan sintetis *nakayasu* maka dapat digambarkan kurva dengan titik koordinat, sebagai berikut:

Tabel 4.86 Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*

Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*	
t (Jam)	Qt m^3/dt
0,00	0,00
1,00	0,88
1,34	1,76
1,50	1,56
2,00	1,09
2,50	0,76
3,00	0,53
3,50	0,41
4,00	0,33
4,50	0,26
5,00	0,20
5,49	0,16
6,00	0,1319
7,00	0,0918
8,00	0,0639
9,00	0,0445
10,0	0,0310
11,0	0,0216
12,0	0,0150
13,0	0,0105
14,0	0,0073
15,0	0,0051
16,0	0,0035
17,0	0,0025
18,0	0,0017
19,0	0,0012
20,0	0,0008
21,0	0,0006
22,0	0,0004
23,0	0,0003
24,0	0,0002

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.22 Unit Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Analisis intensitas debit banjir (I)

$I = \frac{Qt}{\sum Qt} * 100\%$

Keterangan :

I : Intensitas debit banjir

t : Waktu hujan (jam)

Qt : Rasio debit banjir

Berikut adalah analisa perhitungan besar intensitas debir banjir distribusi HSS *Nakayasu*:

t = 0,00 jam

$Qt_{0.00}$ = 0,00 m^3/dt

$I_{0.00} = \frac{Qt_{0,00}}{\sum Qt} * 100\% * 0,00$

$= \frac{0,00}{8,37} * 100\%$

= 0.000 %

t = 1,00 jam

$Qt_{1,00}$ = 0,88 m^3/dt

$I_{1,00} = \frac{Qt_{1,00}}{\sum Qt} * 100\%$

$= \frac{0,88}{8,37} * 100\%$

= 10,489 %

.

.

.

t = 24,0 jam

$Qt_{24,0}$ = 0,0002 m^3/dt

$I_{24,0} = \frac{Qt_{24,0}}{\sum Qt} * 100\%$

$= \frac{0,0002}{8,37} * 100\%$

= 0,005 %

Tabel 4.87 Intensitas Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*

No	Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*		
	t (Jam)	Qt m^3/dt	I (%)
1	0,00	0,00	0,000
2	1,00	0,88	10,489
3	1,34	1,76	21,045
4	1,50	1,56	18,696
5	2,00	1,09	13,016
6	2,50	0,76	9,061
7	3,00	0,53	6,308
8	3,50	0,41	4,956
9	4,00	0,33	3,893
10	4,50	0,26	3,058
11	5,00	0,20	2,402
12	5,49	0,16	1,894
13	6,00	0,1319	1,576
14	7,00	0,0918	1,097
15	8,00	0,0639	0,764
16	9,00	0,0445	0,532
17	10,00	0,0310	0,370
18	11,00	0,0216	0,258
19	12,00	0,0150	0,179
20	13,00	0,0105	0,125
21	14,00	0,0073	0,087
22	15,00	0,0051	0,061
23	16,00	0,0035	0,042
24	17,00	0,0025	0,029
25	18,00	0,0017	0,020
26	19,00	0,0012	0,014
27	20,00	0,0008	0,010
28	21,00	0,0006	0,007
29	22,00	0,0004	0,005
30	23,00	0,0003	0,003
31	24,00	0,0002	0,002

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

6. Analisa Debit Rencana

Qk = Q+QB

Q = $\sum_{i=1}^{t} Qt_i * R_{t-(i-1)}$

Keterangan :

Qk : Debit banjir pada jam ke-t

Q : Debit banjir

QB : Debit aliran dasar/*base flow*

R : Rasio hujan efektif jam-jaman

t : Durasi hujan

Qt : Rasio debit banjir

Diketahui dari analisa sebelumnya nilai QB adalah 8.7869 m^3/dt dan rasio masing-masing durasi untuk rencana kala ulang 2 tahunan sebagai berikut:

R_1 = 55,9649

R_2 = 14,5465

R_3 = 10,2040

R_4 = 8,1234

R_5 = 6,8599

Berikut adalah analisa debit banjir untuk rencana kala ulang 2 tahun:

t = 1,00 jam

Q_1 = $Qt_1 * R_1$

= 0,88 * 55,9649

= 49,134 m^3/dt

Qk_1 = Q_1 + QB

= 49,134 + 8,7869

= 57,921 m^3/dt

t = 2,00 jam

Q_2 = $Qt_2 * R_1 + Qt_2 * R_2$

= $Qt_2 * (R_1 + R_2)$

= 1,09 * (55,9649+14,5465)

= 76,820 m^3/dt

Qk_2 = Q_2 + QB

= 76,820 + 8,7869

= 85,607 m^3/dt

t = 3,00 jam

Q_3 = $Qt_3 * R_1 + Qt_3 * R_2 + Qt_3 * R_3$

= $Qt_3 * (R_1 + R_2 + R_3)$

= 0,53*(55,9649+14,5465+10,2040)

= 42,619 m^3/dt

Qk_3 = Q_3 + QB

= 42,619 + 8,7869

= 51,405 m^3/dt

t = 4,00 jam

Q_4 = $Qt_4 * R_1 + Qt_4 * R_2 + Qt_4 * R_3 + Qt_4 * R_4$

= $Qt_4 * (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$

= 0,33*(55,9649+14,5465+10,2040+8,1234)

= 28,950 m^3/dt

Qk_4 = Q_4 + QB

= 28,950 + 8,7869

= 37,737 m^3/dt

t = 5,00 jam

Q_5 = $Qt_5*R_1+ Qt_5*R_2+ Qt_5*R_3+ Qt_5*R_4+ Qt_5*R_5$

= $Qt_5 *(R_1+ R_2+ R_3+R_4+R_5)$

= 0,20*(55,965+14,547+10,204+8,123+6,859)

= 19,242 m^3/dt

Qk_5 = Q_5 + QB

= 19,242 + 8,7869

= 28,029 m^3/dt

t = 6,00 jam

Q_6 = $Qt_6*R_1+ Qt_6*R_2+ Qt_6*R_3+ Qt_6*R_4+ Qt_6*R_5$

= $Qt_6 *(R_1+ R_2+ R_3+R_4+R_5)$

= 0,1319*(55,965+14,547+10,204+8,123+6,859)

= 12,623 m^3/dt

Qk_6 = Q_6 + QB

= 12,623 + 8,7869

= 21,410 m^3/dt

.

.

.

t = 24,0 jam

Q_{24} = $Qt_{24}*R_1+Qt_{24}*R_2+Qt_{24}*R_3+Qt_{24}*R_4+Qt_{24} *R_5$

= $Qt_{24} *(R_1+ R_2+ R_3+R_4+R_5)$

= 0,0002*(55,965+14,5465+10,204+8,123+6,859)

= 0,019 m^3/dt

Qk_{24} = Q_{24} + QB

= 0,019 + 8,7869

= 8,805 m^3/dt

Nilai hidrograf satuan sintetik *nakayasu* banjir masing-masing kala ulang yang diperhitungkan yaitu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 1000 tahun, ½PMP, dan PMP sebagai berikut:

Tabel 4.88 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	55,9649	14,5465	10,2040	8,1234	6,8599	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	49,134	0,000	0,000	0,000	0,000	49,134	8,7869	57,921
3	1,34	1,76	98,585	25,624	0,000	0,000	0,000	124,210	8,7869	132,996
4	1,50	1,56	87,583	22,765	0,000	0,000	0,000	110,348	8,7869	119,134
5	2,00	1,09	60,972	15,848	0,000	0,000	0,000	76,820	8,7869	85,607
6	2,50	0,76	42,447	11,033	7,739	0,000	0,000	61,219	8,7869	70,006
7	3,00	0,53	29,550	7,681	5,388	0,000	0,000	42,619	8,7869	51,405
8	3,50	0,41	23,218	6,035	4,233	3,370	0,000	36,856	8,7869	45,643
9	4,00	0,33	18,238	4,740	3,325	2,647	0,000	28,950	8,7869	37,737
10	4,50	0,26	14,326	3,724	2,612	2,079	1,756	24,496	8,7869	33,283
11	5,00	0,20	11,253	2,925	2,052	1,633	1,379	19,242	8,7869	28,029
12	5,49	0,16	8,873	2,306	1,618	1,288	1,088	15,172	8,7869	23,959
13	6,00	0,1319	7,382	1,919	1,346	1,071	0,905	12,623	8,7869	21,410
14	7,00	0,0918	5,139	1,336	0,937	0,746	0,630	8,788	8,7869	17,574
15	8,00	0,0639	3,578	0,930	0,652	0,519	0,439	6,118	8,7869	14,904
16	9,00	0,0445	2,491	0,647	0,454	0,362	0,305	4,259	8,7869	13,046
17	10,0	0,0310	1,734	0,451	0,316	0,252	0,213	2,965	8,7869	11,752
18	11,0	0,0216	1,207	0,314	0,220	0,175	0,148	2,064	8,7869	10,851
19	12,0	0,0150	0,840	0,218	0,153	0,122	0,103	1,437	8,7869	10,224
20	13,0	0,0105	0,585	0,152	0,107	0,085	0,072	1,000	8,7869	9,787
21	14,0	0,0073	0,407	0,106	0,074	0,059	0,050	0,696	8,7869	9,483
22	15,0	0,0051	0,284	0,074	0,052	0,041	0,035	0,485	8,7869	9,272
23	16,0	0,0035	0,197	0,051	0,036	0,029	0,024	0,338	8,7869	9,124
24	17,0	0,0025	0,137	0,036	0,025	0,020	0,017	0,235	8,7869	9,022
25	18,0	0,0017	0,096	0,025	0,017	0,014	0,012	0,164	8,7869	8,950
26	19,0	0,0012	0,067	0,017	0,012	0,010	0,008	0,114	8,7869	8,901
27	20,0	0,0008	0,046	0,012	0,008	0,007	0,006	0,079	8,7869	8,866
28	21,0	0,0006	0,032	0,008	0,006	0,005	0,004	0,055	8,7869	8,842
29	22,0	0,0004	0,022	0,006	0,004	0,003	0,003	0,038	8,7869	8,825
30	23,0	0,0003	0,016	0,004	0,003	0,002	0,002	0,027	8,7869	8,814
31	24,0	0,0002	0,011	0,003	0,002	0,002	0,001	0,019	8,7869	8,805

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.89 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	67,9655	17,6657	12,3920	9,8653	8,3309	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	59,670	0,000	0,000	0,000	0,000	59,670	8,7869	68,457
3	1,34	1,76	119,725	31,119	0,000	0,000	0,000	150,844	8,7869	159,631
4	1,50	1,56	106,363	27,646	0,000	0,000	0,000	134,009	8,7869	142,796
5	2,00	1,09	74,047	19,246	0,000	0,000	0,000	93,293	8,7869	102,080
6	2,50	0,76	51,549	13,399	9,399	0,000	0,000	74,346	8,7869	83,133
7	3,00	0,53	35,887	9,328	6,543	0,000	0,000	51,757	8,7869	60,544
8	3,50	0,41	28,197	7,329	5,141	4,093	0,000	44,759	8,7869	53,546
9	4,00	0,33	22,148	5,757	4,038	3,215	0,000	35,158	8,7869	43,945
10	4,50	0,26	17,397	4,522	3,172	2,525	2,132	29,749	8,7869	38,536
11	5,00	0,20	13,665	3,552	2,492	1,984	1,675	23,368	8,7869	32,154
12	5,49	0,16	10,775	2,801	1,965	1,564	1,321	18,425	8,7869	27,212
13	6,00	0,1319	8,965	2,330	1,635	1,301	1,099	15,330	8,7869	24,116
14	7,00	0,0918	6,241	1,622	1,138	0,906	0,765	10,672	8,7869	19,459
15	8,00	0,0639	4,345	1,129	0,792	0,631	0,533	7,429	8,7869	16,216
16	9,00	0,0445	3,025	0,786	0,551	0,439	0,371	5,172	8,7869	13,959
17	10,0	0,0310	2,106	0,547	0,384	0,306	0,258	3,601	8,7869	12,388
18	11,0	0,0216	1,466	0,381	0,267	0,213	0,180	2,507	8,7869	11,294
19	12,0	0,0150	1,021	0,265	0,186	0,148	0,125	1,745	8,7869	10,532
20	13,0	0,0105	0,710	0,185	0,130	0,103	0,087	1,215	8,7869	10,002
21	14,0	0,0073	0,495	0,129	0,090	0,072	0,061	0,846	8,7869	9,633
22	15,0	0,0051	0,344	0,089	0,063	0,050	0,042	0,589	8,7869	9,376
23	16,0	0,0035	0,240	0,062	0,044	0,035	0,029	0,410	8,7869	9,197
24	17,0	0,0025	0,167	0,043	0,030	0,024	0,020	0,285	8,7869	9,072
25	18,0	0,0017	0,116	0,030	0,021	0,017	0,014	0,199	8,7869	8,986
26	19,0	0,0012	0,081	0,021	0,015	0,012	0,010	0,138	8,7869	8,925
27	20,0	0,0008	0,056	0,015	0,010	0,008	0,007	0,096	8,7869	8,883
28	21,0	0,0006	0,039	0,010	0,007	0,006	0,005	0,067	8,7869	8,854
29	22,0	0,0004	0,027	0,007	0,005	0,004	0,003	0,047	8,7869	8,834
30	23,0	0,0003	0,019	0,005	0,003	0,003	0,002	0,032	8,7869	8,819
31	24,0	0,0002	0,013	0,003	0,002	0,002	0,002	0,023	8,7869	8,809

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.90 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	73,3805	19,0731	13,3794	10,6513	8,9946	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	64,424	0,000	0,000	0,000	0,000	64,424	8,7869	73,211
3	1,34	1,76	129,264	33,598	0,000	0,000	0,000	162,862	8,7869	171,649
4	1,50	1,56	114,838	29,849	0,000	0,000	0,000	144,686	8,7869	153,473
5	2,00	1,09	79,946	20,780	0,000	0,000	0,000	100,726	8,7869	109,513
6	2,50	0,76	55,656	14,466	10,148	0,000	0,000	80,270	8,7869	89,056
7	3,00	0,53	38,746	10,071	7,064	0,000	0,000	55,881	8,7869	64,668
8	3,50	0,41	30,443	7,913	5,551	4,419	0,000	48,326	8,7869	57,112
9	4,00	0,33	23,913	6,215	4,360	3,471	0,000	37,959	8,7869	46,746
10	4,50	0,26	18,783	4,882	3,425	2,726	2,302	32,119	8,7869	40,906
11	5,00	0,20	14,754	3,835	2,690	2,142	1,809	25,229	8,7869	34,016
12	5,49	0,16	11,634	3,024	2,121	1,689	1,426	19,893	8,7869	28,680
13	6,00	0,1319	9,679	2,516	1,765	1,405	1,186	16,551	8,7869	25,338
14	7,00	0,0918	6,738	1,751	1,229	0,978	0,826	11,522	8,7869	20,309
15	8,00	0,0639	4,691	1,219	0,855	0,681	0,575	8,021	8,7869	16,808
16	9,00	0,0445	3,266	0,849	0,595	0,474	0,400	5,584	8,7869	14,371
17	10,0	0,0310	2,273	0,591	0,415	0,330	0,279	3,888	8,7869	12,674
18	11,0	0,0216	1,583	0,411	0,289	0,230	0,194	2,706	8,7869	11,493
19	12,0	0,0150	1,102	0,286	0,201	0,160	0,135	1,884	8,7869	10,671
20	13,0	0,0105	0,767	0,199	0,140	0,111	0,094	1,312	8,7869	10,098
21	14,0	0,0073	0,534	0,139	0,097	0,078	0,065	0,913	8,7869	9,700
22	15,0	0,0051	0,372	0,097	0,068	0,054	0,046	0,636	8,7869	9,423
23	16,0	0,0035	0,259	0,067	0,047	0,038	0,032	0,443	8,7869	9,229
24	17,0	0,0025	0,180	0,047	0,033	0,026	0,022	0,308	8,7869	9,095
25	18,0	0,0017	0,125	0,033	0,023	0,018	0,015	0,214	8,7869	9,001
26	19,0	0,0012	0,087	0,023	0,016	0,013	0,011	0,149	8,7869	8,936
27	20,0	0,0008	0,061	0,016	0,011	0,009	0,007	0,104	8,7869	8,891
28	21,0	0,0006	0,042	0,011	0,008	0,006	0,005	0,072	8,7869	8,859
29	22,0	0,0004	0,029	0,008	0,005	0,004	0,004	0,050	8,7869	8,837
30	23,0	0,0003	0,021	0,005	0,004	0,003	0,003	0,035	8,7869	8,822
31	24,0	0,0002	0,014	0,004	0,003	0,002	0,002	0,024	8,7869	8,811

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.91 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	78,1066	20,3016	14,2411	11,3373	9,5739	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	68,574	0,000	0,000	0,000	0,000	68,574	8,7869	77,361
3	1,34	1,76	137,589	35,762	0,000	0,000	0,000	173,351	8,7869	182,138
4	1,50	1,56	122,234	31,771	0,000	0,000	0,000	154,005	8,7869	162,792
5	2,00	1,09	85,095	22,118	0,000	0,000	0,000	107,213	8,7869	116,000
6	2,50	0,76	59,240	15,398	10,801	0,000	0,000	85,439	8,7869	94,226
7	3,00	0,53	41,241	10,719	7,519	0,000	0,000	59,480	8,7869	68,267
8	3,50	0,41	32,404	8,422	5,908	4,703	0,000	51,438	8,7869	60,225
9	4,00	0,33	25,453	6,616	4,641	3,695	0,000	40,404	8,7869	49,191
10	4,50	0,26	19,993	5,197	3,645	2,902	2,451	34,188	8,7869	42,975
11	5,00	0,20	15,705	4,082	2,863	2,280	1,925	26,854	8,7869	35,641
12	5,49	0,16	12,383	3,219	2,258	1,797	1,518	21,175	8,7869	29,961
13	6,00	0,1319	10,302	2,678	1,878	1,495	1,263	17,617	8,7869	26,404
14	7,00	0,0918	7,172	1,864	1,308	1,041	0,879	12,264	8,7869	21,051
15	8,00	0,0639	4,993	1,298	0,910	0,725	0,612	8,538	8,7869	17,325
16	9,00	0,0445	3,476	0,903	0,634	0,505	0,426	5,944	8,7869	14,731
17	10,0	0,0310	2,420	0,629	0,441	0,351	0,297	4,138	8,7869	12,925
18	11,0	0,0216	1,685	0,438	0,307	0,245	0,206	2,881	8,7869	11,668
19	12,0	0,0150	1,173	0,305	0,214	0,170	0,144	2,005	8,7869	10,792
20	13,0	0,0105	0,816	0,212	0,149	0,119	0,100	1,396	8,7869	10,183
21	14,0	0,0073	0,568	0,148	0,104	0,083	0,070	0,972	8,7869	9,759
22	15,0	0,0051	0,396	0,103	0,072	0,057	0,049	0,677	8,7869	9,463
23	16,0	0,0035	0,275	0,072	0,050	0,040	0,034	0,471	8,7869	9,258
24	17,0	0,0025	0,192	0,050	0,035	0,028	0,024	0,328	8,7869	9,115
25	18,0	0,0017	0,134	0,035	0,024	0,019	0,016	0,228	8,7869	9,015
26	19,0	0,0012	0,093	0,024	0,017	0,013	0,011	0,159	8,7869	8,946
27	20,0	0,0008	0,065	0,017	0,012	0,009	0,008	0,111	8,7869	8,897
28	21,0	0,0006	0,045	0,012	0,008	0,007	0,006	0,077	8,7869	8,864
29	22,0	0,0004	0,031	0,008	0,006	0,005	0,004	0,054	8,7869	8,840
30	23,0	0,0003	0,022	0,006	0,004	0,003	0,003	0,037	8,7869	8,824
31	24,0	0,0002	0,015	0,004	0,003	0,002	0,002	0,026	8,7869	8,813

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.92 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	80,6404	20,9601	14,7031	11,7051	9,8845	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	70,798	0,000	0,000	0,000	0,000	70,798	8,7869	79,585
3	1,34	1,76	142,052	36,922	0,000	0,000	0,000	178,975	8,7869	187,762
4	1,50	1,56	126,199	32,802	0,000	0,000	0,000	159,001	8,7869	167,788
5	2,00	1,09	87,856	22,836	0,000	0,000	0,000	110,691	8,7869	119,478
6	2,50	0,76	61,162	15,897	11,152	0,000	0,000	88,211	8,7869	96,998
7	3,00	0,53	42,579	11,067	7,763	0,000	0,000	61,410	8,7869	70,196
8	3,50	0,41	33,455	8,696	6,100	4,856	0,000	53,107	8,7869	61,894
9	4,00	0,33	26,279	6,830	4,791	3,814	0,000	41,715	8,7869	50,502
10	4,50	0,26	20,642	5,365	3,764	2,996	2,530	35,297	8,7869	44,084
11	5,00	0,20	16,214	4,214	2,956	2,353	1,987	27,725	8,7869	36,512
12	5,49	0,16	12,785	3,323	2,331	1,856	1,567	21,862	8,7869	30,648
13	6,00	0,1319	10,637	2,765	1,939	1,544	1,304	18,188	8,7869	26,975
14	7,00	0,0918	7,405	1,925	1,350	1,075	0,908	12,662	8,7869	21,449
15	8,00	0,0639	5,155	1,340	0,940	0,748	0,632	8,815	8,7869	17,602
16	9,00	0,0445	3,589	0,933	0,654	0,521	0,440	6,137	8,7869	14,924
17	10,0	0,0310	2,498	0,649	0,456	0,363	0,306	4,272	8,7869	13,059
18	11,0	0,0216	1,739	0,452	0,317	0,252	0,213	2,974	8,7869	11,761
19	12,0	0,0150	1,211	0,315	0,221	0,176	0,148	2,070	8,7869	10,857
20	13,0	0,0105	0,843	0,219	0,154	0,122	0,103	1,441	8,7869	10,228
21	14,0	0,0073	0,587	0,153	0,107	0,085	0,072	1,003	8,7869	9,790
22	15,0	0,0051	0,409	0,106	0,074	0,059	0,050	0,699	8,7869	9,485
23	16,0	0,0035	0,284	0,074	0,052	0,041	0,035	0,486	8,7869	9,273
24	17,0	0,0025	0,198	0,051	0,036	0,029	0,024	0,339	8,7869	9,125
25	18,0	0,0017	0,138	0,036	0,025	0,020	0,017	0,236	8,7869	9,023
26	19,0	0,0012	0,096	0,025	0,017	0,014	0,012	0,164	8,7869	8,951
27	20,0	0,0008	0,067	0,017	0,012	0,010	0,008	0,114	8,7869	8,901
28	21,0	0,0006	0,047	0,012	0,008	0,007	0,006	0,080	8,7869	8,866
29	22,0	0,0004	0,032	0,008	0,006	0,005	0,004	0,055	8,7869	8,842
30	23,0	0,0003	0,023	0,006	0,004	0,003	0,003	0,039	8,7869	8,825
31	24,0	0,0002	0,016	0,004	0,003	0,002	0,002	0,027	8,7869	8,814

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.93 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	82,5690	21,4614	15,0547	11,9850	10,1209	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	72,491	0,000	0,000	0,000	0,000	72,491	8,7869	81,278
3	1,34	1,76	145,450	37,805	0,000	0,000	0,000	183,255	8,7869	192,042
4	1,50	1,56	129,217	33,586	0,000	0,000	0,000	162,803	8,7869	171,590
5	2,00	1,09	89,957	23,382	0,000	0,000	0,000	113,338	8,7869	122,125
6	2,50	0,76	62,625	16,278	11,418	0,000	0,000	90,321	8,7869	99,108
7	3,00	0,53	43,597	11,332	7,949	0,000	0,000	62,878	8,7869	71,665
8	3,50	0,41	34,255	8,904	6,246	4,972	0,000	54,377	8,7869	63,164
9	4,00	0,33	26,907	6,994	4,906	3,906	0,000	42,713	8,7869	51,499
10	4,50	0,26	21,135	5,494	3,854	3,068	2,591	36,141	8,7869	44,928
11	5,00	0,20	16,602	4,315	3,027	2,410	2,035	28,389	8,7869	37,175
12	5,49	0,16	13,090	3,402	2,387	1,900	1,605	22,384	8,7869	31,171
13	6,00	0,1319	10,891	2,831	1,986	1,581	1,335	18,623	8,7869	27,410
14	7,00	0,0918	7,582	1,971	1,382	1,101	0,929	12,965	8,7869	21,752
15	8,00	0,0639	5,278	1,372	0,962	0,766	0,647	9,026	8,7869	17,813
16	9,00	0,0445	3,675	0,955	0,670	0,533	0,450	6,283	8,7869	15,070
17	10,0	0,0310	2,558	0,665	0,466	0,371	0,314	4,374	8,7869	13,161
18	11,0	0,0216	1,781	0,463	0,325	0,258	0,218	3,045	8,7869	11,832
19	12,0	0,0150	1,240	0,322	0,226	0,180	0,152	2,120	8,7869	10,907
20	13,0	0,0105	0,863	0,224	0,157	0,125	0,106	1,476	8,7869	10,263
21	14,0	0,0073	0,601	0,156	0,110	0,087	0,074	1,027	8,7869	9,814
22	15,0	0,0051	0,418	0,109	0,076	0,061	0,051	0,715	8,7869	9,502
23	16,0	0,0035	0,291	0,076	0,053	0,042	0,036	0,498	8,7869	9,285
24	17,0	0,0025	0,203	0,053	0,037	0,029	0,025	0,347	8,7869	9,134
25	18,0	0,0017	0,141	0,037	0,026	0,020	0,017	0,241	8,7869	9,028
26	19,0	0,0012	0,098	0,026	0,018	0,014	0,012	0,168	8,7869	8,955
27	20,0	0,0008	0,068	0,018	0,012	0,010	0,008	0,117	8,7869	8,904
28	21,0	0,0006	0,048	0,012	0,009	0,007	0,006	0,081	8,7869	8,868
29	22,0	0,0004	0,033	0,009	0,006	0,005	0,004	0,057	8,7869	8,844
30	23,0	0,0003	0,023	0,006	0,004	0,003	0,003	0,039	8,7869	8,826
31	24,0	0,0002	0,016	0,004	0,003	0,002	0,002	0,027	8,7869	8,814

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.94 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 200 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	84,0861	21,8557	15,3313	12,2052	10,3068	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	73,823	0,000	0,000	0,000	0,000	73,823	8,7869	82,610
3	1,34	1,76	148,122	38,500	0,000	0,000	0,000	186,622	8,7869	195,409
4	1,50	1,56	131,591	34,203	0,000	0,000	0,000	165,795	8,7869	174,582
5	2,00	1,09	91,610	23,811	0,000	0,000	0,000	115,421	8,7869	124,208
6	2,50	0,76	63,776	16,577	11,628	0,000	0,000	91,980	8,7869	100,767
7	3,00	0,53	44,398	11,540	8,095	0,000	0,000	64,034	8,7869	72,820
8	3,50	0,41	34,885	9,067	6,360	5,064	0,000	55,376	8,7869	64,163
9	4,00	0,33	27,402	7,122	4,996	3,977	0,000	43,497	8,7869	52,284
10	4,50	0,26	21,524	5,594	3,924	3,124	2,638	36,805	8,7869	45,592
11	5,00	0,20	16,907	4,394	3,083	2,454	2,072	28,910	8,7869	37,697
12	5,49	0,16	13,331	3,465	2,431	1,935	1,634	22,796	8,7869	31,583
13	6,00	0,1319	11,091	2,883	2,022	1,610	1,359	18,966	8,7869	27,752
14	7,00	0,0918	7,721	2,007	1,408	1,121	0,946	13,203	8,7869	21,990
15	8,00	0,0639	5,375	1,397	0,980	0,780	0,659	9,192	8,7869	17,978
16	9,00	0,0445	3,742	0,973	0,682	0,543	0,459	6,399	8,7869	15,186
17	10,0	0,0310	2,605	0,677	0,475	0,378	0,319	4,455	8,7869	13,242
18	11,0	0,0216	1,814	0,471	0,331	0,263	0,222	3,101	8,7869	11,888
19	12,0	0,0150	1,263	0,328	0,230	0,183	0,155	2,159	8,7869	10,946
20	13,0	0,0105	0,879	0,228	0,160	0,128	0,108	1,503	8,7869	10,290
21	14,0	0,0073	0,612	0,159	0,112	0,089	0,075	1,046	8,7869	9,833
22	15,0	0,0051	0,426	0,111	0,078	0,062	0,052	0,728	8,7869	9,515
23	16,0	0,0035	0,297	0,077	0,054	0,043	0,036	0,507	8,7869	9,294
24	17,0	0,0025	0,206	0,054	0,038	0,030	0,025	0,353	8,7869	9,140
25	18,0	0,0017	0,144	0,037	0,026	0,021	0,018	0,246	8,7869	9,033
26	19,0	0,0012	0,100	0,026	0,018	0,015	0,012	0,171	8,7869	8,958
27	20,0	0,0008	0,070	0,018	0,013	0,010	0,009	0,119	8,7869	8,906
28	21,0	0,0006	0,048	0,013	0,009	0,007	0,006	0,083	8,7869	8,870
29	22,0	0,0004	0,034	0,009	0,006	0,005	0,004	0,058	8,7869	8,845
30	23,0	0,0003	0,024	0,006	0,004	0,003	0,003	0,040	8,7869	8,827
31	24,0	0,0002	0,016	0,004	0,003	0,002	0,002	0,028	8,7869	8,815

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.95 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 1000 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	88,7321	23,0633	16,1784	12,8796	10,8763	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	77,902	0,000	0,000	0,000	0,000	77,902	8,7869	86,689
3	1,34	1,76	156,306	40,627	0,000	0,000	0,000	196,934	8,7869	205,720
4	1,50	1,56	138,862	36,093	0,000	0,000	0,000	174,955	8,7869	183,742
5	2,00	1,09	96,671	25,127	0,000	0,000	0,000	121,798	8,7869	130,585
6	2,50	0,76	67,299	17,493	12,271	0,000	0,000	97,062	8,7869	105,849
7	3,00	0,53	46,852	12,178	8,542	0,000	0,000	67,572	8,7869	76,358
8	3,50	0,41	36,812	9,568	6,712	5,343	0,000	58,436	8,7869	67,222
9	4,00	0,33	28,916	7,516	5,272	4,197	0,000	45,901	8,7869	54,688
10	4,50	0,26	22,713	5,904	4,141	3,297	2,784	38,839	8,7869	47,626
11	5,00	0,20	17,841	4,637	3,253	2,590	2,187	30,508	8,7869	39,294
12	5,49	0,16	14,068	3,656	2,565	2,042	1,724	24,055	8,7869	32,842
13	6,00	0,1319	11,704	3,042	2,134	1,699	1,435	20,013	8,7869	28,800
14	7,00	0,0918	8,148	2,118	1,486	1,183	0,999	13,933	8,7869	22,720
15	8,00	0,0639	5,672	1,474	1,034	0,823	0,695	9,699	8,7869	18,486
16	9,00	0,0445	3,949	1,026	0,720	0,573	0,484	6,752	8,7869	15,539
17	10,0	0,0310	2,749	0,715	0,501	0,399	0,337	4,701	8,7869	13,488
18	11,0	0,0216	1,914	0,497	0,349	0,278	0,235	3,273	8,7869	12,059
19	12,0	0,0150	1,332	0,346	0,243	0,193	0,163	2,278	8,7869	11,065
20	13,0	0,0105	0,928	0,241	0,169	0,135	0,114	1,586	8,7869	10,373
21	14,0	0,0073	0,646	0,168	0,118	0,094	0,079	1,104	8,7869	9,891
22	15,0	0,0051	0,450	0,117	0,082	0,065	0,055	0,769	8,7869	9,556
23	16,0	0,0035	0,313	0,081	0,057	0,045	0,038	0,535	8,7869	9,322
24	17,0	0,0025	0,218	0,057	0,040	0,032	0,027	0,373	8,7869	9,159
25	18,0	0,0017	0,152	0,039	0,028	0,022	0,019	0,259	8,7869	9,046
26	19,0	0,0012	0,106	0,027	0,019	0,015	0,013	0,181	8,7869	8,967
27	20,0	0,0008	0,074	0,019	0,013	0,011	0,009	0,126	8,7869	8,913
28	21,0	0,0006	0,051	0,013	0,009	0,007	0,006	0,088	8,7869	8,874
29	22,0	0,0004	0,036	0,009	0,006	0,005	0,004	0,061	8,7869	8,848
30	23,0	0,0003	0,025	0,006	0,005	0,004	0,003	0,042	8,7869	8,829
31	24,0	0,0002	0,017	0,004	0,003	0,003	0,002	0,030	8,7869	8,816

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.96 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang ½ PMP

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	195,0825	50,7061	35,5691	28,3165	23,9122	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	171,273	0,000	0,000	0,000	0,000	171,273	8,7869	180,059
3	1,34	1,76	343,648	89,321	0,000	0,000	0,000	432,969	8,7869	441,756
4	1,50	1,56	305,296	79,353	0,000	0,000	0,000	384,649	8,7869	393,436
5	2,00	1,09	212,537	55,243	0,000	0,000	0,000	267,780	8,7869	276,567
6	2,50	0,76	147,961	38,458	26,978	0,000	0,000	213,397	8,7869	222,184
7	3,00	0,53	103,006	26,773	18,781	0,000	0,000	148,560	8,7869	157,347
8	3,50	0,41	80,933	21,036	14,756	11,748	0,000	128,474	8,7869	137,261
9	4,00	0,33	63,573	16,524	11,591	9,228	0,000	100,915	8,7869	109,702
10	4,50	0,26	49,936	12,979	9,105	7,248	6,121	85,389	8,7869	94,176
11	5,00	0,20	39,224	10,195	7,152	5,693	4,808	67,073	8,7869	75,859
12	5,49	0,16	30,928	8,039	5,639	4,489	3,791	52,887	8,7869	61,674
13	6,00	0,1319	25,732	6,688	4,692	3,735	3,154	44,001	8,7869	52,787
14	7,00	0,0918	17,914	4,656	3,266	2,600	2,196	30,632	8,7869	39,419
15	8,00	0,0639	12,471	3,241	2,274	1,810	1,529	21,325	8,7869	30,112
16	9,00	0,0445	8,682	2,257	1,583	1,260	1,064	14,846	8,7869	23,632
17	10,0	0,0310	6,044	1,571	1,102	0,877	0,741	10,335	8,7869	19,122
18	11,0	0,0216	4,208	1,094	0,767	0,611	0,516	7,195	8,7869	15,982
19	12,0	0,0150	2,929	0,761	0,534	0,425	0,359	5,009	8,7869	13,796
20	13,0	0,0105	2,039	0,530	0,372	0,296	0,250	3,487	8,7869	12,274
21	14,0	0,0073	1,420	0,369	0,259	0,206	0,174	2,428	8,7869	11,214
22	15,0	0,0051	0,988	0,257	0,180	0,143	0,121	1,690	8,7869	10,477
23	16,0	0,0035	0,688	0,179	0,125	0,100	0,084	1,176	8,7869	9,963
24	17,0	0,0025	0,479	0,124	0,087	0,070	0,059	0,819	8,7869	9,606
25	18,0	0,0017	0,333	0,087	0,061	0,048	0,041	0,570	8,7869	9,357
26	19,0	0,0012	0,232	0,060	0,042	0,034	0,028	0,397	8,7869	9,184
27	20,0	0,0008	0,162	0,042	0,029	0,023	0,020	0,276	8,7869	9,063
28	21,0	0,0006	0,113	0,029	0,021	0,016	0,014	0,192	8,7869	8,979
29	22,0	0,0004	0,078	0,020	0,014	0,011	0,010	0,134	8,7869	8,921
30	23,0	0,0003	0,055	0,014	0,010	0,008	0,007	0,093	8,7869	8,880
31	24,0	0,0002	0,038	0,010	0,007	0,006	0,005	0,065	8,7869	8,852

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.97 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang PMP

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	390,1651	101,4121	71,1382	56,6330	47,8244	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	0,88	342,545	0,000	0,000	0,000	0,000	342,545	8,7869	351,332
3	1,34	1,76	687,296	178,643	0,000	0,000	0,000	865,939	8,7869	874,726
4	1,50	1,56	610,593	158,706	0,000	0,000	0,000	769,299	8,7869	778,086
5	2,00	1,09	425,074	110,486	0,000	0,000	0,000	535,560	8,7869	544,347
6	2,50	0,76	295,923	76,917	53,955	0,000	0,000	426,794	8,7869	435,581
7	3,00	0,53	206,012	53,547	37,562	0,000	0,000	297,120	8,7869	305,907
8	3,50	0,41	161,867	42,073	29,513	23,495	0,000	256,948	8,7869	265,735
9	4,00	0,33	127,145	33,048	23,182	18,455	0,000	201,831	8,7869	210,617
10	4,50	0,26	99,872	25,959	18,209	14,497	12,242	170,778	8,7869	179,565
11	5,00	0,20	78,449	20,390	14,303	11,387	9,616	134,145	8,7869	142,932
12	5,49	0,16	61,857	16,078	11,278	8,979	7,582	105,773	8,7869	114,560
13	6,00	0,1319	51,463	13,376	9,383	7,470	6,308	88,001	8,7869	96,788
14	7,00	0,0918	35,827	9,312	6,532	5,200	4,392	61,263	8,7869	70,050
15	8,00	0,0639	24,942	6,483	4,548	3,620	3,057	42,650	8,7869	51,436
16	9,00	0,0445	17,364	4,513	3,166	2,520	2,128	29,691	8,7869	38,478
17	10,0	0,0310	12,088	3,142	2,204	1,755	1,482	20,670	8,7869	29,457
18	11,0	0,0216	8,415	2,187	1,534	1,221	1,031	14,390	8,7869	23,177
19	12,0	0,0150	5,858	1,523	1,068	0,850	0,718	10,018	8,7869	18,805
20	13,0	0,0105	4,078	1,060	0,744	0,592	0,500	6,974	8,7869	15,761
21	14,0	0,0073	2,839	0,738	0,518	0,412	0,348	4,855	8,7869	13,642
22	15,0	0,0051	1,977	0,514	0,360	0,287	0,242	3,380	8,7869	12,167
23	16,0	0,0035	1,376	0,358	0,251	0,200	0,169	2,353	8,7869	11,140
24	17,0	0,0025	0,958	0,249	0,175	0,139	0,117	1,638	8,7869	10,425
25	18,0	0,0017	0,667	0,173	0,122	0,097	0,082	1,140	8,7869	9,927
26	19,0	0,0012	0,464	0,121	0,085	0,067	0,057	0,794	8,7869	9,581
27	20,0	0,0008	0,323	0,084	0,059	0,047	0,040	0,553	8,7869	9,340
28	21,0	0,0006	0,225	0,058	0,041	0,033	0,028	0,385	8,7869	9,172
29	22,0	0,0004	0,157	0,041	0,029	0,023	0,019	0,268	8,7869	9,055
30	23,0	0,0003	0,109	0,028	0,020	0,016	0,013	0,186	8,7869	8,973
31	24,0	0,0002	0,076	0,020	0,014	0,011	0,009	0,130	8,7869	8,917

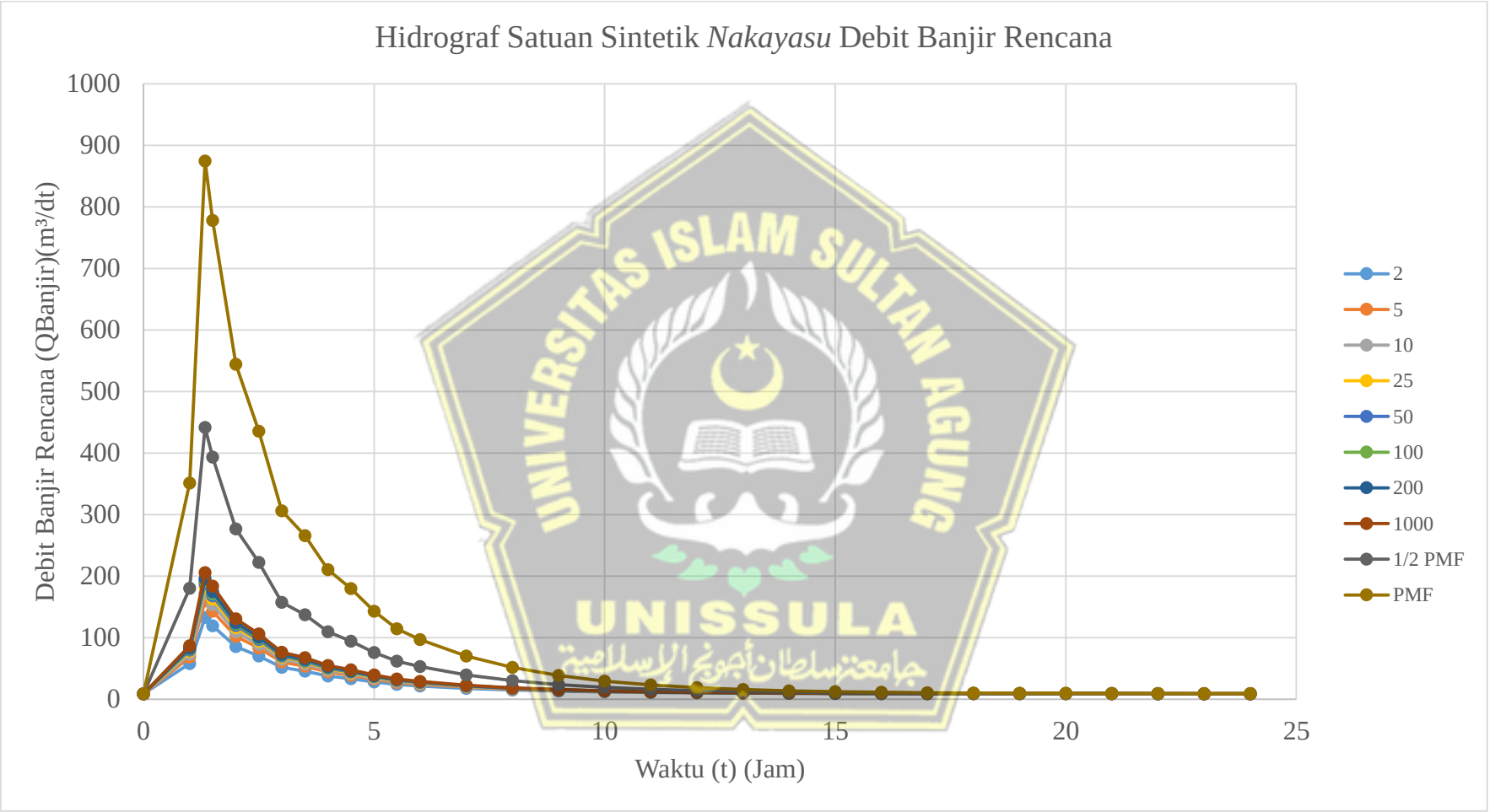
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

7. Kesimpulan Analisa Banjir Rancangan

Tabel 4.98 Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu* Debit Banjir Rencana

NO	Periode Ulang (T) (Tahun)	Debit Banjir Rencana (QBanjir)									
		2	5	10	25	50	100	200	1000	1/2 PMP	PMP
	Waktu (t) (Jam)	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787
2	1,00	57,921	68,457	73,211	77,361	79,585	81,278	82,610	86,689	180,059	351,332
3	1,34	132,996	159,631	171,649	182,138	187,762	192,042	195,409	205,720	441,756	874,726
4	1,50	119,134	142,796	153,473	162,792	167,788	171,590	174,582	183,742	393,436	778,086
5	2,00	85,607	102,080	109,513	116,000	119,478	122,125	124,208	130,585	276,567	544,347
6	2,50	70,006	83,133	89,056	94,226	96,998	99,108	100,767	105,849	222,184	435,581
7	3,00	51,405	60,544	64,668	68,267	70,196	71,665	72,820	76,358	157,347	305,907
8	3,50	45,643	53,546	57,112	60,225	61,894	63,164	64,163	67,222	137,261	265,735
9	4,00	37,737	43,945	46,746	49,191	50,502	51,499	52,284	54,688	109,702	210,617
10	4,50	33,283	38,536	40,906	42,975	44,084	44,928	45,592	47,626	94,176	179,565
11	5,00	28,029	32,154	34,016	35,641	36,512	37,175	37,697	39,294	75,859	142,932
12	5,49	23,959	27,212	28,680	29,961	30,648	31,171	31,583	32,842	61,674	114,560
13	6,00	21,410	24,116	25,338	26,404	26,975	27,410	27,752	28,800	52,787	96,788
14	7,00	17,574	19,459	20,309	21,051	21,449	21,752	21,990	22,720	39,419	70,050
15	8,00	14,904	16,216	16,808	17,325	17,602	17,813	17,978	18,486	30,112	51,436
16	9,00	13,046	13,959	14,371	14,731	14,924	15,070	15,186	15,539	23,632	38,478
17	10,0	11,752	12,388	12,674	12,925	13,059	13,161	13,242	13,488	19,122	29,457
18	11,0	10,851	11,294	11,493	11,668	11,761	11,832	11,888	12,059	15,982	23,177
19	12,0	10,224	10,532	10,671	10,792	10,857	10,907	10,946	11,065	13,796	18,805
20	13,0	9,787	10,002	10,098	10,183	10,228	10,263	10,290	10,373	12,274	15,761
21	14,0	9,483	9,633	9,700	9,759	9,790	9,814	9,833	9,891	11,214	13,642
22	15,0	9,272	9,376	9,423	9,463	9,485	9,502	9,515	9,556	10,477	12,167
23	16,0	9,124	9,197	9,229	9,258	9,273	9,285	9,294	9,322	9,963	11,140
24	17,0	9,022	9,072	9,095	9,115	9,125	9,134	9,140	9,159	9,606	10,425
25	18,0	8,950	8,986	9,001	9,015	9,023	9,028	9,033	9,046	9,357	9,927
26	19,0	8,901	8,925	8,936	8,946	8,951	8,955	8,958	8,967	9,184	9,581
27	20,0	8,866	8,883	8,891	8,897	8,901	8,904	8,906	8,913	9,063	9,340
28	21,0	8,842	8,854	8,859	8,864	8,866	8,868	8,870	8,874	8,979	9,172
29	22,0	8,825	8,834	8,837	8,840	8,842	8,844	8,845	8,848	8,921	9,055
30	23,0	8,814	8,819	8,822	8,824	8,825	8,826	8,827	8,829	8,880	8,973
31	24,0	8,805	8,809	8,811	8,813	8,814	8,814	8,815	8,816	8,852	8,917
Max		132,996	159,631	171,649	182,138	187,762	192,042	195,409	205,720	441,756	874,726

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

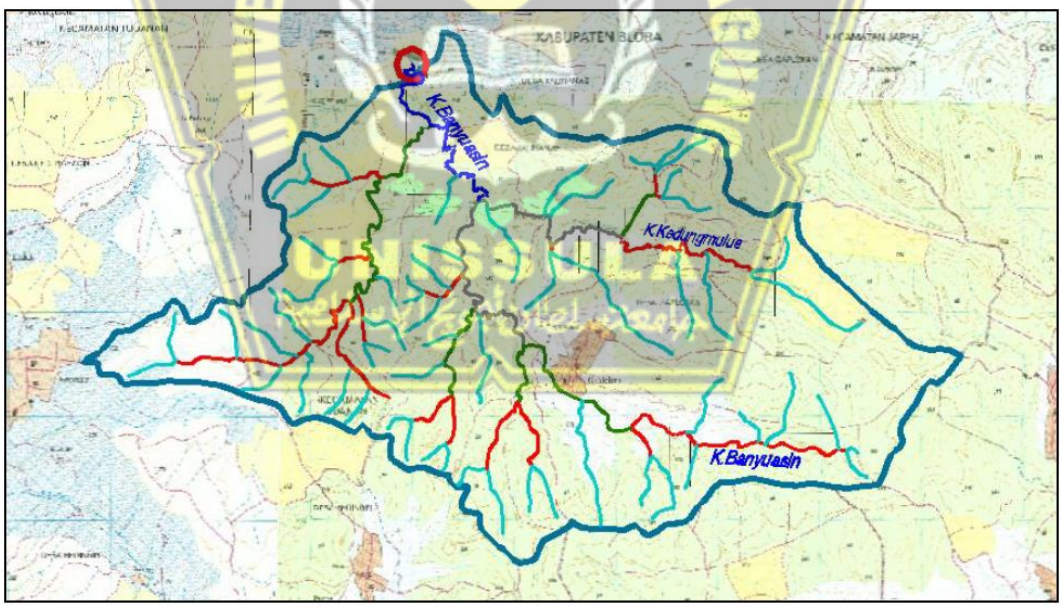


Gambar 4.23 Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu* Debit Banjir Rencana
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.7.2.2. Hidrograf Satuan Sintetik Gama I

1. Karakteristik DAS

Koefisien pengaliran	(C)	=	0,73	
Kerapatan jaringan kuras	(D)	=	3,06	km/km²
Aliran dasar/*base flow*	(QB)	=	8,79	m³/dt
Koefisien limpasan	(α)	=	1,74	
Hujan satuan	(Ro)	=	1	mm
Luas DAS	(A)	=	17,981	km²
Panjang sungai utama	(L)	=	8,70	km
Panjang sungai	(Lt)	=	55,07	km
Kemiringan sungai	(S)	=	0,02	
Pertemuan sungai	(JN)	=	63,00	buah
Faktor simetri	(SIM)	=	0,37	
Panjang sungai Tingkat 1	(L1)	=	30,31	km
Jumlah pangsa sungai tingkat 1 (N1)		=	60,00	buah
Jumlah pangsa sungai semua tingkat (Nt)		=	84,00	buah

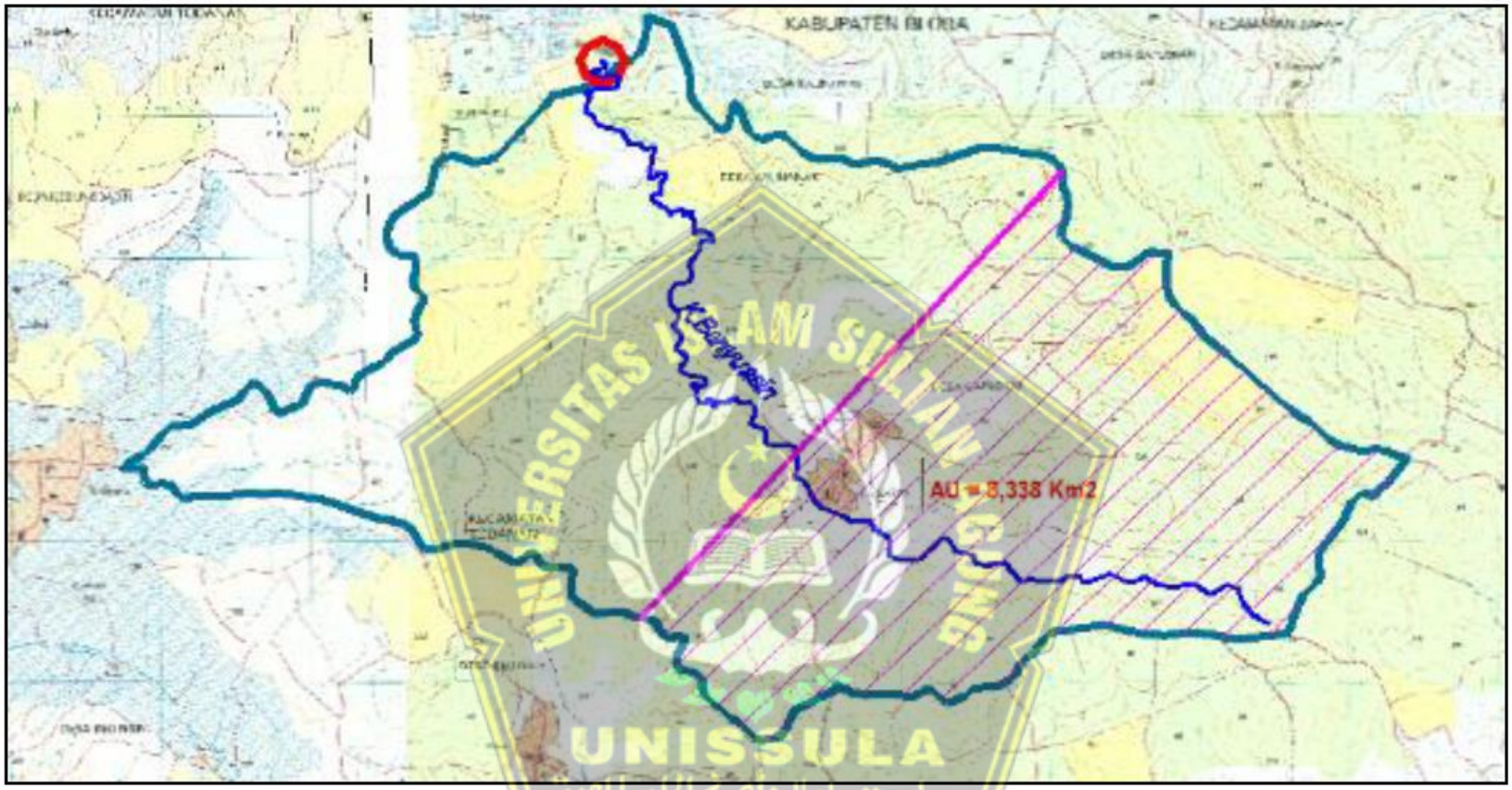


Gambar 4.24 Peta Pembagian Tingkat Sungai
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konservasi Akhir Randugunting))



Gambar 4.25 Cara Menentukan Faktor Lebar
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konservasi Akhir Randugunting))

(Wu)	=	3,05	km
(WI)	=	3,83	km



Gambar 4.26 Penetapan RUA Tingkat Sungai
(Sumber: BBWS Pemali Juana (Laporan Konservasi Akhir Randugunting))

Luas Daerah Tangkapan Air (DTA) Hulu (AU) = 8,34 km²

a. Faktor sumber (SF)

L1 = 30,31 km

Lt = 55,07 km

$$SF = \frac{L1}{Lt}$$

$$= \frac{30,31}{55,07}$$

= 0,55

b. Frekuensi sumber (SN)

N1 = 60,00 buah

Nt = 84,00 buah

$$SN = \frac{N1}{Nt}$$

$$= \frac{60,00}{84,00}$$

= 0,71

c. Faktor lebar (WF)

Wu = 3,05 km

WI = 3,83 km

$$WF = \frac{Wu}{W1}$$

$$= \frac{3,05}{3,83}$$

= 0,80 km

d. Luas relatif DAS di hulu (RUA)

AU = 8,34 km²

A = 17,981 km²

$$RUA = \frac{Au}{A}$$

$$= \frac{8,34}{17,981}$$

= 0,46

e. Kerapatan jaringan kuras (D)

Lt = 55,07 km

A = 17,981 km²

$$D = \frac{Lt}{A}$$

$$= \frac{55,07}{17,981}$$

= 3,06 km/km²

2. Parameter hidrograf

a. Satuan waktu hujan (Tr)

L = 8,70 km

SF = 0,55

SIM = 0,37

$$TR = 0,43*\left(\frac{L}{100*SF}\right)^3 + 1,0665\ SIM+1,2775$$

$$= 0,43*\left(\frac{8,70}{100*0,55}\right)^3 + 1,0665 * 0,37+1,2775$$

= 1,67 Jam

b. Debit puncak bajir (Qp)

A = 17,981 km²

TR = 1,67 Jam

JN = 63,00 buah

$$Qp = 0,1836*A^{0,5886}*TR^{-0,4008}*JN^{0,2381}$$

$$= 0,1836*A^{0,5886}*TR^{-0,4008}*JN^{0,2381}$$

= 2,19 m³/dt

c. Waktu dasar (TB)

TR = 1,67 Jam

S = 0,02

SN = 0,71

RUA = 0,46

$TB = 27{,}4132 * TR^{0{,}1457} * S^{-0{,}0986} * SN^{0{,}7344} * RUA^{0{,}2574}$

$= 27{,}4132 * 1{,}67^{0{,}1457} * 0{,}02^{-0{,}0986} * 0{,}71^{0{,}7344} * 0{,}46^{0{,}2574}$

= 27,85 Jam

d. Koefisien resesi (K)

A = 17,981 km²

S = 0,02

SF = 0,55

D = 3,06 km/km²

$K = 0{,}5617 * A^{0{,}1798} * S^{-0{,}1446} * SF^{-1{,}0897} * D^{0{,}0452}$

$= 0{,}5617 * 17{,}981^{0{,}1798} * 0{,}02^{-0{,}1446} * 0{,}55^{-1{,}0897} * 3{,}06^{0{,}0452}$

= 3,35 Jam

e. Indeks infiltrasi (φ)

A = 17,981 km²

SN= 0,71

$\varphi = 10{,}4903 - 3{,}859 * 10^{-6} * A^2 + 1{,}6985 * 10^{-13} * \left(\frac{A}{SN}\right)^4$

$= 10{,}4903 - 3{,}859 * 10^{-6} * 17{,}981^2 + 1{,}6985 * 10^{-13} * \left(\frac{17{,}981}{0{,}71}\right)^4$

= 10,49 mm/jam

3. Analisa nilai hidrograf banjir

a. Kurva naik (0<t<TR)

TR = 1,67 Jam

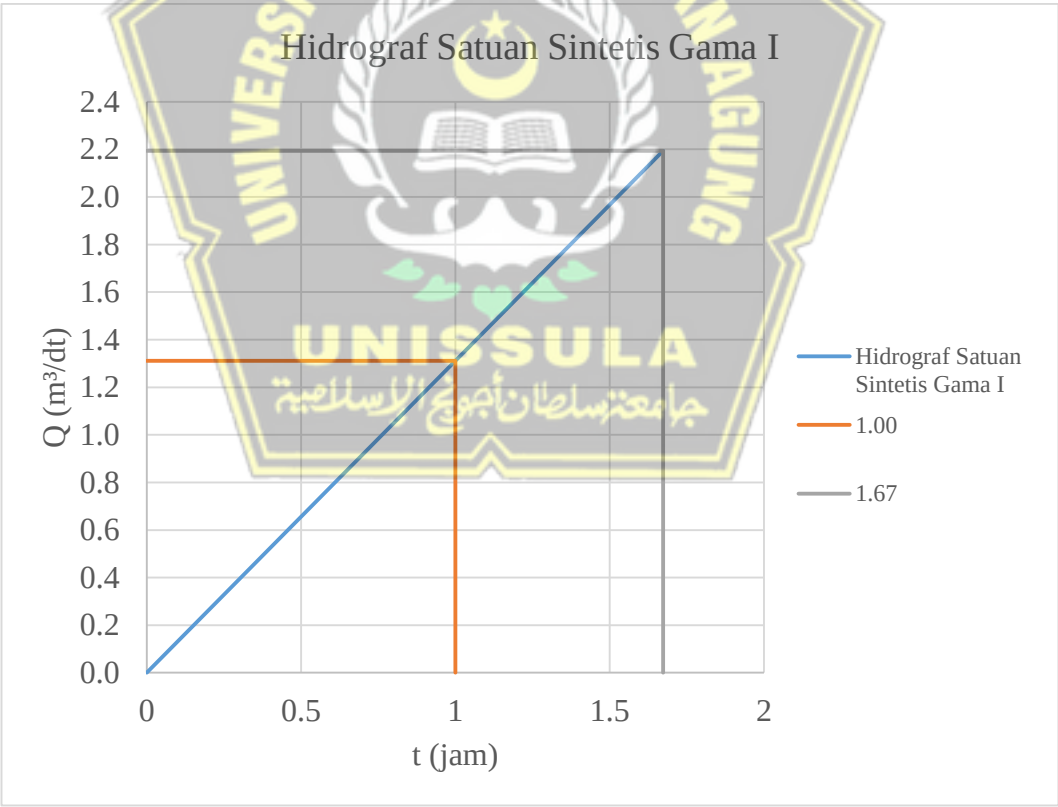
Interval t = 0<t<TR

= 0<t<1,67

Tabel 4.99 Analisa Kurva Naik

0<t<TR (jam)	
t (Jam)	Qt m³/dt
0	0,0000
1	1,3115
1,67	2,1942

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.27 Kurva Naik

b. Kurva turun

$Qt = Qp * e^{\frac{-t}{K}}$

Keterangan :

Qt : Debit pada jam ke-t

Qp : debit puncak

t : Durasi hujan

K : koefisien resesi

Berikut adalah analisa perhitungan debit banjir untuk t > 5,49 Jam:

Qp = 2,19 m³/dt

K = 3,35 Jam

t = 2 jam

$Qt_2 = Qp * e^{\frac{-t_2}{K}}$

$= 2,19 * e^{\frac{-2}{3,35}}$

= 1,2083 m³/dt

t = 3 jam

$Qt_3 = Qp * e^{\frac{-t_3}{K}}$

$= 2,19 * e^{\frac{-3}{3,35}}$

= 0,8967 m³/dt

t = 4 jam

$Qt_4 = Qp * e^{\frac{-t_4}{K}}$

$= 2,19 * e^{\frac{-4}{3,35}}$

= 0,6654 m³/dt

t = 5 jam

$Qt_5 = Qp * e^{\frac{-t_5}{K}}$

$= 2{,}19 * e^{\frac{-5}{3{,}35}}$

= 0,4938 m³/dt

t = 6 jam

$Qt_6 = Qp * e^{\frac{-t_6}{K}}$

$= 2{,}19 * e^{\frac{-6}{3{,}35}}$

= 0,3664 m³/dt

t = 7 jam

$Qt_7 = Qp * e^{\frac{-t_7}{K}}$

$= 2{,}19 * e^{\frac{-7}{3{,}35}}$

= 0,2719 m³/dt

t = 8 jam

$Qt_8 = Qp * e^{\frac{-t_8}{K}}$

$= 2{,}19 * e^{\frac{-8}{3{,}35}}$

= 0,2018 m³/dt

.

.

.

t = 24 jam

$Qt_{24} = Qp * e^{\frac{-t_{24}}{K}}$

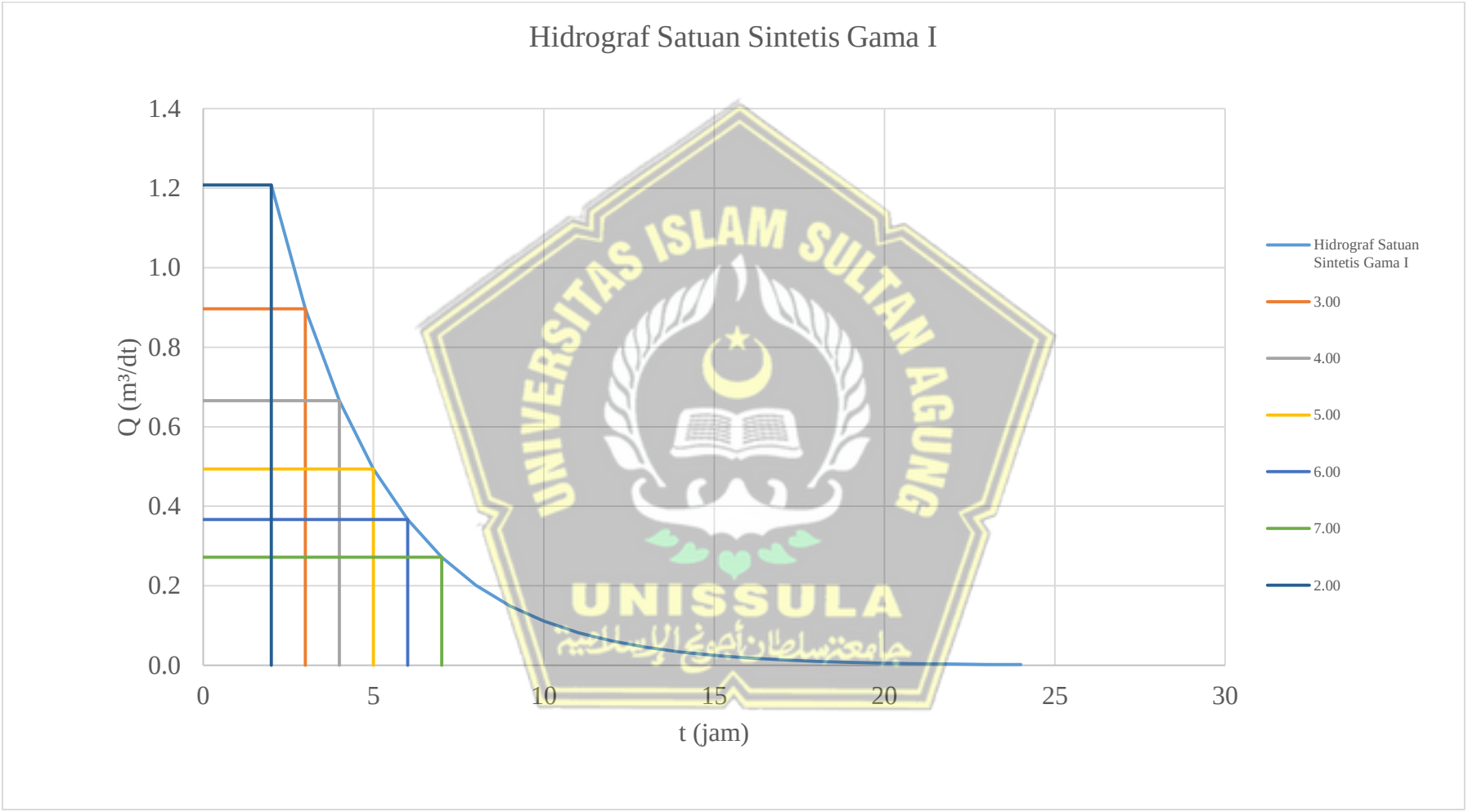
$= 2{,}19 * e^{\frac{-24}{3{,}35}}$

= 1,2083 m³/dt

Tabel 4.100 Analisa Kurva Turun

t>TR (jam)	
t (Jam)	Qt m³/dt
2	1,2083
3	0,8967
4	0,6654
5	0,4938
6	0,3664
7	0,2719
8	0,2018
9	0,1497
10	0,1111
11	0,0825
12	0,0612
13	0,0454
14	0,0337
15	0,0250
16	0,0186
17	0,0138
18	0,0102
19	0,0076
20	0,0056
21	0,0042
22	0,0031
23	0,0023
24	0,0017

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



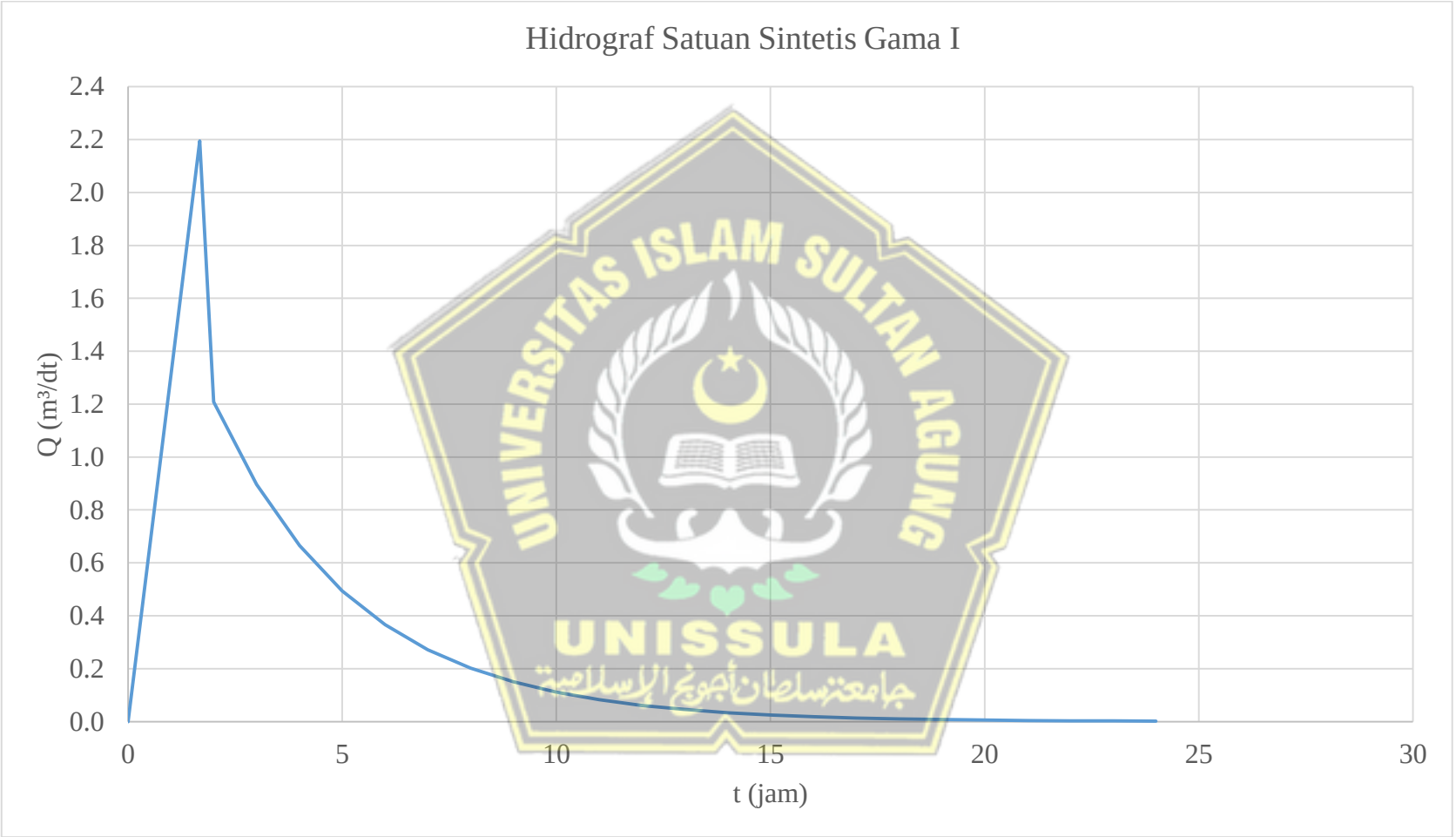
Gambar 4.28 Kurva Turun

Dari seluruh analisa nilai kenaikan dan penurunan nilai kurva hidrograf satuan sintetis Gama I maka dapat digambarkan kurva dengan titik koordinat sebagai berikut:

Tabel 4.101 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

Hidrograf Satuan Sintetis Gama I	
t (Jam)	Qt m^3/dt
0	0,0000
1	1,3115
1,67	2,1942
2	1,2083
3	0,8967
4	0,6654
5	0,4938
6	0,3664
7	0,2719
8	0,2018
9	0,1497
10	0,1111
11	0,0825
12	0,0612
13	0,0454
14	0,0337
15	0,0250
16	0,0186
17	0,0138
18	0,0102
19	0,0076
20	0,0056
21	0,0042
22	0,0031
23	0,0023
24	0,0017

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.29 Unit Hidrograf Satuan Sintetis Gama I
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Analisa Debit Rencana

Qk = Q+QB

Q = $\sum_{i=1}^{t} Qt_i * R_{t-(i-1)}$

Keterangan :

Qk : Debit banjir pada jam ke-t

Q : Debit banjir

QB : Debit aliran dasar/*base flow*

R : Rasio hujan efektif jam-jaman

t : Durasi hujan

Qt : Rasio debit banjir

Diketahui dari analisa sebelumnya nilai QB adalah 8.7869 m^3/dt dan rasio masing-masing durasi untuk rencana kala ulang 2 tahunan sebagai berikut:

R_1 = 55,9649

R_2 = 14,5465

R_3 = 10,2040

R_4 = 8,1234

R_5 = 6,8599

Berikut adalah analisa debit banjir untuk rencana kala ulang 2 tahun:

t = 1,00 jam

Q_1 = $Qt_1 * R_1$

= 1,31* 55,9649

= 73,395 m^3/dt

Qk_1 = Q_1 + QB

= 73,395 + 8,7869

= 82,182 m^3/dt

t = 2,00 jam

Q_2 = $Qt_2 * R_1 + Qt_2 * R_2$

= $Qt_2 * (R_1 + R_2)$

= 1,21* (55,9649+14,5465)

= 85,201 m^3/dt

Qk_2 = Q_2 + QB

= 85,201 + 8,7869

= 93,988 m^3/dt

t = 3,00 jam

Q_3 = $Qt_3 * R_1 + Qt_3 * R_2 + Qt_3 * R_3$

= $Qt_3 * (R_1 + R_2 + R_3)$

= 0,90*(55,9649+14,5465+10,2040)

= 72,376 m^3/dt

Qk_3 = Q_3 + QB

= 72,376 + 8,7869

= 81,163 m^3/dt

t = 4,00 jam

Q_4 = $Qt_4 * R_1 + Qt_4 * R_2 + Qt_4 * R_3 + Qt_4 * R_4$

= $Qt_4 * (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$

= 0,67*(55,9649+14,5465+10,2040+8,1234)

= 59,114 m^3/dt

Qk_4 = Q_4 + QB

= 59,114 + 8,7869

= 67,901 m^3/dt

t = 5,00 jam

Q_5 = $Qt_5*R_1+ Qt_5*R_2+ Qt_5*R_3+ Qt_5*R_4+ Qt_5*R_5$

= $Qt_5 *(R_1+ R_2+ R_3+R_4+R_5)$

= 0,49*(55,965+14,547+10,204+8,123+6,859)

= 47,255 m^3/dt

Qk_5 = Q_5 + QB

= 47,255 + 8,7869

= 56,042 m^3/dt

t = 6,00 jam

Q_6 = $Qt_6*R_1+ Qt_6*R_2+ Qt_6*R_3+ Qt_6*R_4+ Qt_6*R_5$

= $Qt_6 *(R_1+ R_2+ R_3+R_4+R_5)$

= 0,37*(55,965+14,547+10,204+8,123+6,859)

= 35,067 m^3/dt

Qk_6 = Q_6 + QB

= 35,067 + 8,7869

= 43,854 m^3/dt

.

.

.

t = 24,0 jam

Q_{24} = $Qt_{24}*R_1+Qt_{24}*R_2+Qt_{24}*R_3+Qt_{24}*R_4+Qt_{24} *R_5$

= $Qt_{24} *(R_1+ R_2+ R_3+R_4+R_5)$

= 0,0017*(55,965+14,5465+10,204+8,123+6,859)

= 0,163 m^3/dt

Qk_{24} = Q_{24} + QB

= 0,163 + 8,7869

= 8,950 m^3/dt

Nilai hidrograf satuan sintetik Gama I banjir masing-masing kala ulang yang diperhitungkan yaitu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun, 1000 tahun, ½PMP dan PMP sebagai berikut:

Tabel 4.102 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 2 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	55,9649	14,5465	10,2040	8,1234	6,8599	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	73,395	0,000	0,000	0,000	0,000	73,395	8,7869	82,182
3	1,67	2,19	122,800	31,918	0,000	0,000	0,000	154,719	8,7869	163,505
4	2,00	1,21	67,624	17,577	0,000	0,000	0,000	85,201	8,7869	93,988
5	3,00	0,90	50,183	13,044	9,150	0,000	0,000	72,376	8,7869	81,163
6	4,00	0,67	37,240	9,679	6,790	5,405	0,000	59,114	8,7869	67,901
7	5,00	0,49	27,635	7,183	5,039	4,011	3,387	47,255	8,7869	56,042
8	6,00	0,37	20,507	5,330	3,739	2,977	2,514	35,067	8,7869	43,854
9	7,00	0,27	15,218	3,956	2,775	2,209	1,865	26,023	8,7869	34,809
10	8,00	0,20	11,293	2,935	2,059	1,639	1,384	19,311	8,7869	28,098
11	9,00	0,15	8,380	2,178	1,528	1,216	1,027	14,330	8,7869	23,117
12	10,00	0,11	6,219	1,616	1,134	0,903	0,762	10,634	8,7869	19,421
13	11,00	0,0825	4,615	1,200	0,841	0,670	0,566	7,891	8,7869	16,678
14	12,00	0,0612	3,425	0,890	0,624	0,497	0,420	5,856	8,7869	14,643
15	13,00	0,0454	2,541	0,661	0,463	0,369	0,312	4,346	8,7869	13,133
16	14,00	0,0337	1,886	0,490	0,344	0,274	0,231	3,225	8,7869	12,012
17	15,0	0,0250	1,400	0,364	0,255	0,203	0,172	2,393	8,7869	11,180
18	16,0	0,0186	1,039	0,270	0,189	0,151	0,127	1,776	8,7869	10,563
19	17,0	0,0138	0,771	0,200	0,141	0,112	0,094	1,318	8,7869	10,105
20	18,0	0,0102	0,572	0,149	0,104	0,083	0,070	0,978	8,7869	9,765
21	19,0	0,0076	0,424	0,110	0,077	0,062	0,052	0,726	8,7869	9,513
22	20,0	0,0056	0,315	0,082	0,057	0,046	0,039	0,539	8,7869	9,325
23	21,0	0,0042	0,234	0,061	0,043	0,034	0,029	0,400	8,7869	9,186
24	22,0	0,0031	0,173	0,045	0,032	0,025	0,021	0,297	8,7869	9,083
25	23,0	0,0023	0,129	0,033	0,023	0,019	0,016	0,220	8,7869	9,007
26	24,0	0,0017	0,096	0,025	0,017	0,014	0,012	0,163	8,7869	8,950

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.103 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 5 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	67,9655	17,6657	12,3920	9,8653	8,3309	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	89,134	0,000	0,000	0,000	0,000	89,134	8,7869	97,920
3	1,67	2,19	149,132	38,763	0,000	0,000	0,000	187,895	8,7869	196,682
4	2,00	1,21	82,125	21,346	0,000	0,000	0,000	103,471	8,7869	112,258
5	3,00	0,90	60,943	15,840	11,112	0,000	0,000	87,896	8,7869	96,682
6	4,00	0,67	45,225	11,755	8,246	6,564	0,000	71,790	8,7869	80,577
7	5,00	0,49	33,561	8,723	6,119	4,871	4,114	57,388	8,7869	66,175
8	6,00	0,37	24,905	6,473	4,541	3,615	3,053	42,586	8,7869	51,373
9	7,00	0,27	18,481	4,804	3,370	2,683	2,265	31,603	8,7869	40,389
10	8,00	0,20	13,715	3,565	2,501	1,991	1,681	23,452	8,7869	32,239
11	9,00	0,15	10,177	2,645	1,856	1,477	1,247	17,403	8,7869	26,190
12	10,00	0,11	7,552	1,963	1,377	1,096	0,926	12,915	8,7869	21,701
13	11,00	0,0825	5,605	1,457	1,022	0,814	0,687	9,584	8,7869	18,370
14	12,00	0,0612	4,159	1,081	0,758	0,604	0,510	7,112	8,7869	15,899
15	13,00	0,0454	3,086	0,802	0,563	0,448	0,378	5,278	8,7869	14,064
16	14,00	0,0337	2,290	0,595	0,418	0,332	0,281	3,916	8,7869	12,703
17	15,0	0,0250	1,700	0,442	0,310	0,247	0,208	2,906	8,7869	11,693
18	16,0	0,0186	1,261	0,328	0,230	0,183	0,155	2,157	8,7869	10,944
19	17,0	0,0138	0,936	0,243	0,171	0,136	0,115	1,600	8,7869	10,387
20	18,0	0,0102	0,695	0,181	0,127	0,101	0,085	1,188	8,7869	9,975
21	19,0	0,0076	0,515	0,134	0,094	0,075	0,063	0,881	8,7869	9,668
22	20,0	0,0056	0,382	0,099	0,070	0,056	0,047	0,654	8,7869	9,441
23	21,0	0,0042	0,284	0,074	0,052	0,041	0,035	0,485	8,7869	9,272
24	22,0	0,0031	0,211	0,055	0,038	0,031	0,026	0,360	8,7869	9,147
25	23,0	0,0023	0,156	0,041	0,028	0,023	0,019	0,267	8,7869	9,054
26	24,0	0,0017	0,116	0,030	0,021	0,017	0,014	0,198	8,7869	8,985

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.104 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	73,3805	19,0731	13,3794	10,6513	8,9946	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	96,235	0,000	0,000	0,000	0,000	96,235	8,7869	105,022
3	1,67	2,19	161,014	41,851	0,000	0,000	0,000	202,865	8,7869	211,652
4	2,00	1,21	88,668	23,047	0,000	0,000	0,000	111,715	8,7869	120,502
5	3,00	0,90	65,799	17,103	11,997	0,000	0,000	94,898	8,7869	103,685
6	4,00	0,67	48,828	12,691	8,903	7,087	0,000	77,510	8,7869	86,297
7	5,00	0,49	36,234	9,418	6,607	5,259	4,441	61,960	8,7869	70,747
8	6,00	0,37	26,889	6,989	4,903	3,903	3,296	45,979	8,7869	54,766
9	7,00	0,27	19,954	5,186	3,638	2,896	2,446	34,121	8,7869	42,907
10	8,00	0,20	14,807	3,849	2,700	2,149	1,815	25,320	8,7869	34,107
11	9,00	0,15	10,988	2,856	2,003	1,595	1,347	18,790	8,7869	27,577
12	10,00	0,11	8,154	2,119	1,487	1,184	0,999	13,943	8,7869	22,730
13	11,00	0,0825	6,051	1,573	1,103	0,878	0,742	10,347	8,7869	19,134
14	12,00	0,0612	4,490	1,167	0,819	0,652	0,550	7,678	8,7869	16,465
15	13,00	0,0454	3,332	0,866	0,608	0,484	0,408	5,698	8,7869	14,485
16	14,00	0,0337	2,473	0,643	0,451	0,359	0,303	4,228	8,7869	13,015
17	15,0	0,0250	1,835	0,477	0,335	0,266	0,225	3,138	8,7869	11,925
18	16,0	0,0186	1,362	0,354	0,248	0,198	0,167	2,329	8,7869	11,115
19	17,0	0,0138	1,011	0,263	0,184	0,147	0,124	1,728	8,7869	10,515
20	18,0	0,0102	0,750	0,195	0,137	0,109	0,092	1,282	8,7869	10,069
21	19,0	0,0076	0,556	0,145	0,101	0,081	0,068	0,952	8,7869	9,738
22	20,0	0,0056	0,413	0,107	0,075	0,060	0,051	0,706	8,7869	9,493
23	21,0	0,0042	0,306	0,080	0,056	0,044	0,038	0,524	8,7869	9,311
24	22,0	0,0031	0,227	0,059	0,041	0,033	0,028	0,389	8,7869	9,176
25	23,0	0,0023	0,169	0,044	0,031	0,024	0,021	0,289	8,7869	9,075
26	24,0	0,0017	0,125	0,033	0,023	0,018	0,015	0,214	8,7869	9,001

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.105 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 25 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	78,1066	20,3016	14,2411	11,3373	9,5739	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	102,433	0,000	0,000	0,000	0,000	102,433	8,7869	111,220
3	1,67	2,19	171,384	44,546	0,000	0,000	0,000	215,931	8,7869	224,717
4	2,00	1,21	94,379	24,531	0,000	0,000	0,000	118,910	8,7869	127,697
5	3,00	0,90	70,037	18,204	12,770	0,000	0,000	101,010	8,7869	109,797
6	4,00	0,67	51,973	13,509	9,476	7,544	0,000	82,502	8,7869	91,289
7	5,00	0,49	38,568	10,025	7,032	5,598	4,727	65,951	8,7869	74,738
8	6,00	0,37	28,621	7,439	5,218	4,154	3,508	48,941	8,7869	57,728
9	7,00	0,27	21,239	5,520	3,872	3,083	2,603	36,318	8,7869	45,105
10	8,00	0,20	15,761	4,097	2,874	2,288	1,932	26,951	8,7869	35,738
11	9,00	0,15	11,696	3,040	2,133	1,698	1,434	20,000	8,7869	28,787
12	10,00	0,11	8,679	2,256	1,582	1,260	1,064	14,841	8,7869	23,628
13	11,00	0,0825	6,441	1,674	1,174	0,935	0,789	11,014	8,7869	19,800
14	12,00	0,0612	4,780	1,242	0,871	0,694	0,586	8,173	8,7869	16,960
15	13,00	0,0454	3,547	0,922	0,647	0,515	0,435	6,065	8,7869	14,852
16	14,00	0,0337	2,632	0,684	0,480	0,382	0,323	4,501	8,7869	13,288
17	15,0	0,0250	1,953	0,508	0,356	0,284	0,239	3,340	8,7869	12,127
18	16,0	0,0186	1,449	0,377	0,264	0,210	0,178	2,478	8,7869	11,265
19	17,0	0,0138	1,076	0,280	0,196	0,156	0,132	1,839	8,7869	10,626
20	18,0	0,0102	0,798	0,207	0,146	0,116	0,098	1,365	8,7869	10,152
21	19,0	0,0076	0,592	0,154	0,108	0,086	0,073	1,013	8,7869	9,800
22	20,0	0,0056	0,440	0,114	0,080	0,064	0,054	0,752	8,7869	9,538
23	21,0	0,0042	0,326	0,085	0,059	0,047	0,040	0,558	8,7869	9,345
24	22,0	0,0031	0,242	0,063	0,044	0,035	0,030	0,414	8,7869	9,201
25	23,0	0,0023	0,180	0,047	0,033	0,026	0,022	0,307	8,7869	9,094
26	24,0	0,0017	0,133	0,035	0,024	0,019	0,016	0,228	8,7869	9,015

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.106 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 50 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	80,6404	20,9601	14,7031	11,7051	9,8845	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	105,756	0,000	0,000	0,000	0,000	105,756	8,7869	114,543
3	1,67	2,19	176,944	45,991	0,000	0,000	0,000	222,935	8,7869	231,722
4	2,00	1,21	97,440	25,327	0,000	0,000	0,000	122,767	8,7869	131,554
5	3,00	0,90	72,309	18,795	13,184	0,000	0,000	104,287	8,7869	113,074
6	4,00	0,67	53,659	13,947	9,784	7,789	0,000	85,178	8,7869	93,965
7	5,00	0,49	39,819	10,350	7,260	5,780	4,881	68,090	8,7869	76,877
8	6,00	0,37	29,549	7,680	5,388	4,289	3,622	50,528	8,7869	59,315
9	7,00	0,27	21,928	5,700	3,998	3,183	2,688	37,496	8,7869	46,283
10	8,00	0,20	16,272	4,230	2,967	2,362	1,995	27,825	8,7869	36,612
11	9,00	0,15	12,075	3,139	2,202	1,753	1,480	20,649	8,7869	29,435
12	10,00	0,11	8,961	2,329	1,634	1,301	1,098	15,323	8,7869	24,110
13	11,00	0,0825	6,650	1,728	1,212	0,965	0,815	11,371	8,7869	20,158
14	12,00	0,0612	4,935	1,283	0,900	0,716	0,605	8,438	8,7869	17,225
15	13,00	0,0454	3,662	0,952	0,668	0,532	0,449	6,262	8,7869	15,049
16	14,00	0,0337	2,717	0,706	0,495	0,394	0,333	4,647	8,7869	13,434
17	15,0	0,0250	2,017	0,524	0,368	0,293	0,247	3,448	8,7869	12,235
18	16,0	0,0186	1,496	0,389	0,273	0,217	0,183	2,559	8,7869	11,346
19	17,0	0,0138	1,110	0,289	0,202	0,161	0,136	1,899	8,7869	10,686
20	18,0	0,0102	0,824	0,214	0,150	0,120	0,101	1,409	8,7869	10,196
21	19,0	0,0076	0,612	0,159	0,111	0,089	0,075	1,046	8,7869	9,833
22	20,0	0,0056	0,454	0,118	0,083	0,066	0,056	0,776	8,7869	9,563
23	21,0	0,0042	0,337	0,088	0,061	0,049	0,041	0,576	8,7869	9,363
24	22,0	0,0031	0,250	0,065	0,046	0,036	0,031	0,427	8,7869	9,214
25	23,0	0,0023	0,185	0,048	0,034	0,027	0,023	0,317	8,7869	9,104
26	24,0	0,0017	0,138	0,036	0,025	0,020	0,017	0,235	8,7869	9,022

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.107 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 100 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	82,5690	21,4614	15,0547	11,9850	10,1209	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	108,285	0,000	0,000	0,000	0,000	108,285	8,7869	117,072
3	1,67	2,19	181,176	47,091	0,000	0,000	0,000	228,267	8,7869	237,054
4	2,00	1,21	99,771	25,933	0,000	0,000	0,000	125,703	8,7869	134,490
5	3,00	0,90	74,038	19,244	13,499	0,000	0,000	106,781	8,7869	115,568
6	4,00	0,67	54,942	14,281	10,018	7,975	0,000	87,215	8,7869	96,002
7	5,00	0,49	40,772	10,597	7,434	5,918	4,998	69,719	8,7869	78,505
8	6,00	0,37	30,256	7,864	5,517	4,392	3,709	51,737	8,7869	60,524
9	7,00	0,27	22,452	5,836	4,094	3,259	2,752	38,393	8,7869	47,180
10	8,00	0,20	16,661	4,331	3,038	2,418	2,042	28,491	8,7869	37,278
11	9,00	0,15	12,364	3,214	2,254	1,795	1,516	21,142	8,7869	29,929
12	10,00	0,11	9,175	2,385	1,673	1,332	1,125	15,689	8,7869	24,476
13	11,00	0,0825	6,809	1,770	1,241	0,988	0,835	11,643	8,7869	20,430
14	12,00	0,0612	5,053	1,313	0,921	0,733	0,619	8,640	8,7869	17,427
15	13,00	0,0454	3,749	0,975	0,684	0,544	0,460	6,412	8,7869	15,198
16	14,00	0,0337	2,782	0,723	0,507	0,404	0,341	4,758	8,7869	13,545
17	15,0	0,0250	2,065	0,537	0,376	0,300	0,253	3,531	8,7869	12,318
18	16,0	0,0186	1,532	0,398	0,279	0,222	0,188	2,620	8,7869	11,407
19	17,0	0,0138	1,137	0,296	0,207	0,165	0,139	1,944	8,7869	10,731
20	18,0	0,0102	0,844	0,219	0,154	0,122	0,103	1,443	8,7869	10,230
21	19,0	0,0076	0,626	0,163	0,114	0,091	0,077	1,071	8,7869	9,858
22	20,0	0,0056	0,465	0,121	0,085	0,067	0,057	0,795	8,7869	9,581
23	21,0	0,0042	0,345	0,090	0,063	0,050	0,042	0,590	8,7869	9,376
24	22,0	0,0031	0,256	0,067	0,047	0,037	0,031	0,438	8,7869	9,224
25	23,0	0,0023	0,190	0,049	0,035	0,028	0,023	0,325	8,7869	9,112
26	24,0	0,0017	0,141	0,037	0,026	0,020	0,017	0,241	8,7869	9,028

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.108 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 200 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	84,0861	21,8557	15,3313	12,2052	10,3068	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	110,275	0,000	0,000	0,000	0,000	110,275	8,7869	119,062
3	1,67	2,19	184,505	47,957	0,000	0,000	0,000	232,461	8,7869	241,248
4	2,00	1,21	101,604	26,409	0,000	0,000	0,000	128,013	8,7869	136,800
5	3,00	0,90	75,398	19,598	13,747	0,000	0,000	108,743	8,7869	117,530
6	4,00	0,67	55,952	14,543	10,202	8,121	0,000	88,818	8,7869	97,605
7	5,00	0,49	41,521	10,792	7,570	6,027	5,089	71,000	8,7869	79,786
8	6,00	0,37	30,812	8,009	5,618	4,472	3,777	52,687	8,7869	61,474
9	7,00	0,27	22,865	5,943	4,169	3,319	2,803	39,098	8,7869	47,885
10	8,00	0,20	16,968	4,410	3,094	2,463	2,080	29,014	8,7869	37,801
11	9,00	0,15	12,591	3,273	2,296	1,828	1,543	21,531	8,7869	30,318
12	10,00	0,11	9,344	2,429	1,704	1,356	1,145	15,978	8,7869	24,765
13	11,00	0,0825	6,934	1,802	1,264	1,006	0,850	11,857	8,7869	20,644
14	12,00	0,0612	5,145	1,337	0,938	0,747	0,631	8,799	8,7869	17,586
15	13,00	0,0454	3,818	0,992	0,696	0,554	0,468	6,529	8,7869	15,316
16	14,00	0,0337	2,834	0,736	0,517	0,411	0,347	4,845	8,7869	13,632
17	15,0	0,0250	2,103	0,547	0,383	0,305	0,258	3,596	8,7869	12,382
18	16,0	0,0186	1,560	0,406	0,285	0,226	0,191	2,668	8,7869	11,455
19	17,0	0,0138	1,158	0,301	0,211	0,168	0,142	1,980	8,7869	10,767
20	18,0	0,0102	0,859	0,223	0,157	0,125	0,105	1,469	8,7869	10,256
21	19,0	0,0076	0,638	0,166	0,116	0,093	0,078	1,090	8,7869	9,877
22	20,0	0,0056	0,473	0,123	0,086	0,069	0,058	0,809	8,7869	9,596
23	21,0	0,0042	0,351	0,091	0,064	0,051	0,043	0,600	8,7869	9,387
24	22,0	0,0031	0,261	0,068	0,048	0,038	0,032	0,446	8,7869	9,232
25	23,0	0,0023	0,193	0,050	0,035	0,028	0,024	0,331	8,7869	9,118
26	24,0	0,0017	0,143	0,037	0,026	0,021	0,018	0,245	8,7869	9,032

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.109 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang 1000 Tahun

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	88,7321	23,0633	16,1784	12,8796	10,8763	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	116,368	0,000	0,000	0,000	0,000	116,368	8,7869	125,155
3	1,67	2,19	194,699	50,606	0,000	0,000	0,000	245,305	8,7869	254,092
4	2,00	1,21	107,218	27,868	0,000	0,000	0,000	135,086	8,7869	143,873
5	3,00	0,90	79,564	20,680	14,507	0,000	0,000	114,752	8,7869	123,539
6	4,00	0,67	59,043	15,347	10,765	8,570	0,000	93,725	8,7869	102,512
7	5,00	0,49	43,815	11,388	7,989	6,360	5,371	74,922	8,7869	83,709
8	6,00	0,37	32,514	8,451	5,928	4,719	3,985	55,599	8,7869	64,385
9	7,00	0,27	24,128	6,271	4,399	3,502	2,958	41,259	8,7869	50,046
10	8,00	0,20	17,905	4,654	3,265	2,599	2,195	30,617	8,7869	39,404
11	9,00	0,15	13,287	3,454	2,423	1,929	1,629	22,721	8,7869	31,507
12	10,00	0,11	9,860	2,563	1,798	1,431	1,209	16,861	8,7869	25,647
13	11,00	0,0825	7,317	1,902	1,334	1,062	0,897	12,512	8,7869	21,299
14	12,00	0,0612	5,430	1,411	0,990	0,788	0,666	9,285	8,7869	18,072
15	13,00	0,0454	4,029	1,047	0,735	0,585	0,494	6,890	8,7869	15,677
16	14,00	0,0337	2,990	0,777	0,545	0,434	0,367	5,113	8,7869	13,900
17	15,0	0,0250	2,219	0,577	0,405	0,322	0,272	3,794	8,7869	12,581
18	16,0	0,0186	1,647	0,428	0,300	0,239	0,202	2,816	8,7869	11,603
19	17,0	0,0138	1,222	0,318	0,223	0,177	0,150	2,089	8,7869	10,876
20	18,0	0,0102	0,907	0,236	0,165	0,132	0,111	1,551	8,7869	10,337
21	19,0	0,0076	0,673	0,175	0,123	0,098	0,082	1,151	8,7869	9,937
22	20,0	0,0056	0,499	0,130	0,091	0,072	0,061	0,854	8,7869	9,641
23	21,0	0,0042	0,371	0,096	0,068	0,054	0,045	0,634	8,7869	9,420
24	22,0	0,0031	0,275	0,071	0,050	0,040	0,034	0,470	8,7869	9,257
25	23,0	0,0023	0,204	0,053	0,037	0,030	0,025	0,349	8,7869	9,136
26	24,0	0,0017	0,151	0,039	0,028	0,022	0,019	0,259	8,7869	9,046

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.110 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang PMP

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	195,0825	50,7061	35,5691	28,3165	23,9122	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	255,842	0,000	0,000	0,000	0,000	255,842	8,7869	264,628
3	1,67	2,19	428,057	111,261	0,000	0,000	0,000	539,318	8,7869	548,105
4	2,00	1,21	235,725	61,270	0,000	0,000	0,000	296,994	8,7869	305,781
5	3,00	0,90	174,927	45,467	31,894	0,000	0,000	252,288	8,7869	261,075
6	4,00	0,67	129,810	33,740	23,668	18,842	0,000	206,061	8,7869	214,847
7	5,00	0,49	96,330	25,038	17,564	13,982	11,808	164,721	8,7869	173,508
8	6,00	0,37	71,484	18,580	13,034	10,376	8,762	122,237	8,7869	131,024
9	7,00	0,27	53,047	13,788	9,672	7,700	6,502	90,710	8,7869	99,496
10	8,00	0,20	39,365	10,232	7,177	5,714	4,825	67,314	8,7869	76,101
11	9,00	0,15	29,212	7,593	5,326	4,240	3,581	49,952	8,7869	58,739
12	10,00	0,11	21,678	5,635	3,953	3,147	2,657	37,069	8,7869	45,856
13	11,00	0,0825	16,087	4,181	2,933	2,335	1,972	27,508	8,7869	36,295
14	12,00	0,0612	11,938	3,103	2,177	1,733	1,463	20,413	8,7869	29,200
15	13,00	0,0454	8,859	2,303	1,615	1,286	1,086	15,148	8,7869	23,935
16	14,00	0,0337	6,574	1,709	1,199	0,954	0,806	11,241	8,7869	20,028
17	15,0	0,0250	4,878	1,268	0,889	0,708	0,598	8,342	8,7869	17,129
18	16,0	0,0186	3,620	0,941	0,660	0,525	0,444	6,190	8,7869	14,977
19	17,0	0,0138	2,686	0,698	0,490	0,390	0,329	4,594	8,7869	13,381
20	18,0	0,0102	1,994	0,518	0,363	0,289	0,244	3,409	8,7869	12,196
21	19,0	0,0076	1,479	0,385	0,270	0,215	0,181	2,530	8,7869	11,317
22	20,0	0,0056	1,098	0,285	0,200	0,159	0,135	1,877	8,7869	10,664
23	21,0	0,0042	0,815	0,212	0,149	0,118	0,100	1,393	8,7869	10,180
24	22,0	0,0031	0,605	0,157	0,110	0,088	0,074	1,034	8,7869	9,821
25	23,0	0,0023	0,449	0,117	0,082	0,065	0,055	0,767	8,7869	9,554
26	24,0	0,0017	0,333	0,087	0,061	0,048	0,041	0,569	8,7869	9,356

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.111 Hidrograf Banjir Rencana Kala Ulang ½PMP

No	t	Qt	Distribusi Debit Hujan Sampai Jam Ke-t (m³/dt)					Q	QB	QBanjir
			(0-1) Jam	(1-2) Jam	(2-3) Jam	(3-4) Jam	(4-5) Jam			
	(Jam)	m³/dt	390,1651	101,4121	71,1382	56,6330	47,8244	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,7869	8,787
2	1,00	1,31	511,683	0,000	0,000	0,000	0,000	511,683	8,7869	520,470
3	1,67	2,19	856,114	222,522	0,000	0,000	0,000	1078,635	8,7869	1087,422
4	2,00	1,21	471,449	122,540	0,000	0,000	0,000	593,989	8,7869	602,775
5	3,00	0,90	349,854	90,934	63,788	0,000	0,000	504,576	8,7869	513,363
6	4,00	0,67	259,620	67,481	47,336	37,684	0,000	412,121	8,7869	420,908
7	5,00	0,49	192,659	50,076	35,127	27,965	23,615	329,443	8,7869	338,229
8	6,00	0,37	142,969	37,161	26,067	20,752	17,524	244,473	8,7869	253,260
9	7,00	0,27	106,095	27,576	19,344	15,400	13,005	181,419	8,7869	190,206
10	8,00	0,20	78,731	20,464	14,355	11,428	9,650	134,628	8,7869	143,415
11	9,00	0,15	58,425	15,186	10,652	8,480	7,161	99,905	8,7869	108,692
12	10,00	0,11	43,356	11,269	7,905	6,293	5,314	74,138	8,7869	82,924
13	11,00	0,0825	32,174	8,363	5,866	4,670	3,944	55,016	8,7869	63,803
14	12,00	0,0612	23,875	6,206	4,353	3,466	2,927	40,826	8,7869	49,613
15	13,00	0,0454	17,718	4,605	3,230	2,572	2,172	30,297	8,7869	39,083
16	14,00	0,0337	13,148	3,417	2,397	1,908	1,612	22,483	8,7869	31,269
17	15,0	0,0250	9,757	2,536	1,779	1,416	1,196	16,684	8,7869	25,471
18	16,0	0,0186	7,240	1,882	1,320	1,051	0,887	12,381	8,7869	21,168
19	17,0	0,0138	5,373	1,397	0,980	0,780	0,659	9,188	8,7869	17,974
20	18,0	0,0102	3,987	1,036	0,727	0,579	0,489	6,818	8,7869	15,605
21	19,0	0,0076	2,959	0,769	0,539	0,429	0,363	5,059	8,7869	13,846
22	20,0	0,0056	2,196	0,571	0,400	0,319	0,269	3,755	8,7869	12,541
23	21,0	0,0042	1,629	0,424	0,297	0,237	0,200	2,786	8,7869	11,573
24	22,0	0,0031	1,209	0,314	0,220	0,176	0,148	2,068	8,7869	10,854
25	23,0	0,0023	0,897	0,233	0,164	0,130	0,110	1,534	8,7869	10,321
26	24,0	0,0017	0,666	0,173	0,121	0,097	0,082	1,139	8,7869	9,925

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

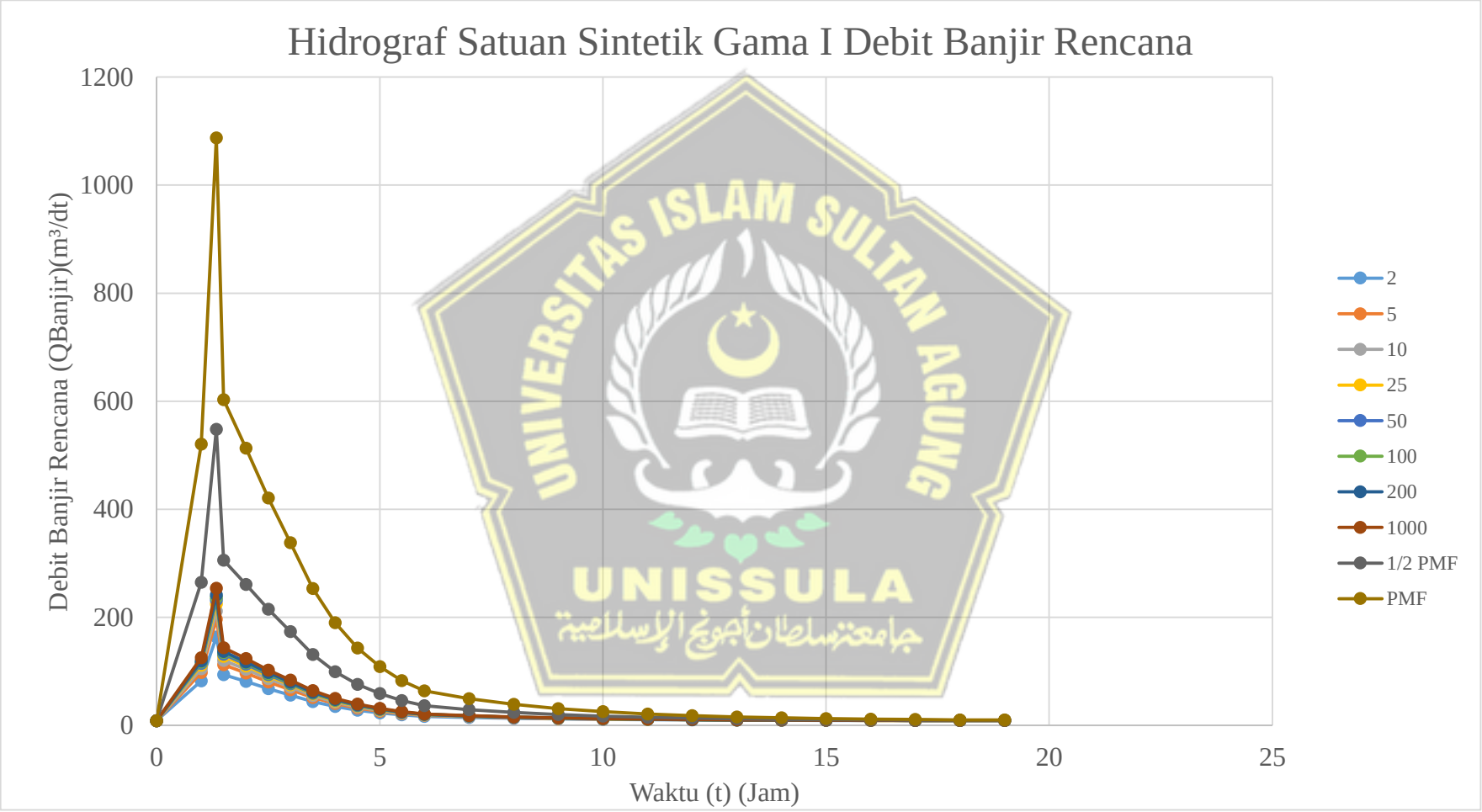
5. Kesimpulan Analisa Banjir Rancangan

Tabel 4.112 Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Debit Banjir Rencana

NO	Periode Ulang (T) (Tahun)	Debit Banjir Rencana (QBanjir)									
		2	5	10	25	50	100	200	1000	1/2 PMP	PMP
	Waktu (t) (Jam)	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt	m³/dt
1	0,00	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787	8,787
2	1,00	82,182	97,920	105,022	111,220	114,543	117,072	119,062	125,155	264,628	520,47
3	1,67	163,505	196,682	211,652	224,717	231,722	237,054	241,248	254,092	548,105	1087,42
4	2,00	93,988	112,258	120,502	127,697	131,554	134,490	136,800	143,873	305,781	602,78
5	3,00	81,163	96,682	103,685	109,797	113,074	115,568	117,530	123,539	261,075	513,36
6	4,00	67,901	80,577	86,297	91,289	93,965	96,002	97,605	102,512	214,847	420,91
7	5,00	56,042	66,175	70,747	74,738	76,877	78,505	79,786	83,709	173,508	338,23
8	6,00	43,854	51,373	54,766	57,728	59,315	60,524	61,474	64,385	131,024	253,260
9	7,00	34,809	40,389	42,907	45,105	46,283	47,180	47,885	50,046	99,496	190,206
10	8,00	28,098	32,239	34,107	35,738	36,612	37,278	37,801	39,404	76,101	143,415
11	9,00	23,117	26,190	27,577	28,787	29,435	29,929	30,318	31,507	58,739	108,692
12	10,00	19,421	21,701	22,730	23,628	24,110	24,476	24,765	25,647	45,856	82,924
13	11,00	16,678	18,370	19,134	19,800	20,158	20,430	20,644	21,299	36,295	63,803
14	12,00	14,643	15,899	16,465	16,960	17,225	17,427	17,586	18,072	29,200	49,613
15	13,00	13,133	14,064	14,485	14,852	15,049	15,198	15,316	15,677	23,935	39,083
16	14,00	12,012	12,703	13,015	13,288	13,434	13,545	13,632	13,900	20,028	31,269
17	15,0	11,180	11,693	11,925	12,127	12,235	12,318	12,382	12,581	17,129	25,471
18	16,0	10,563	10,944	11,115	11,265	11,346	11,407	11,455	11,603	14,977	21,168
19	17,0	10,105	10,387	10,515	10,626	10,686	10,731	10,767	10,876	13,381	17,974
20	18,0	9,765	9,975	10,069	10,152	10,196	10,230	10,256	10,337	12,196	15,605
21	19,0	9,513	9,668	9,738	9,800	9,833	9,858	9,877	9,937	11,317	13,846
22	20,0	9,325	9,441	9,493	9,538	9,563	9,581	9,596	9,641	10,664	12,541
23	21,0	9,186	9,272	9,311	9,345	9,363	9,376	9,387	9,420	10,180	11,573
24	22,0	9,083	9,147	9,176	9,201	9,214	9,224	9,232	9,257	9,821	10,854
25	23,0	9,007	9,054	9,075	9,094	9,104	9,112	9,118	9,136	9,554	10,321
26	24,0	8,950	8,985	9,001	9,015	9,022	9,028	9,032	9,046	9,356	9,925
Max		163,505	196,682	211,652	224,717	231,722	237,054	241,248	254,092	548,105	1087,422

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Gambar 4.30 Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Debit Banjir Rencana



(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.7.3 Kesimpulan Analisa Hidrograf Satuan Sintetik

Dari rangkaian analisa hidrologi yang dilakukan didapatkan kesimpulan debit banjir dari dua metode yaitu *Nakayasu* dan Gama I pada tabel 4.113. kemudian untuk analisa perhitungan hidrolika digunakan debit banjir yang didapat dari analisa Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dengan periode ulang 1000 tahunan sebesar 254,0922 m^3/dt.

Tabel 4.113 Kesimpulan Analisa Hidrograf Satuan Sintetik

No	Periode Ulang Tahun	Hidrograf Satuan Sintetik	
		Nakayasu m³/dt	Gama I m³/dt
1	2	132,9964	163,5054
2	5	159,6305	196,6815
3	10	171,6488	211,6518
4	25	182,1380	224,7175
5	50	187,7616	231,7223
6	100	192,0419	237,0539
7	200	195,4090	241,2481
8	1000	205,7204	254,0922
9	1/2 PMP	441,7563	548,1046
10	PMP	874,7258	1087,4223

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.8 Analisa Kapasitas Tampungan Bendungan

Agar bangunan pelimpah yang dikaji dapat melimpaskan debit banjir rencana dengan aman maka perlu diperhitungkan tinggi elevasi mercu dan dimensinya. Untuk mendapatkan elevasi dasar bangunan pelimpah perlu dilakukan analisa kapasitas tampungan bendung. Dalam analisanya perlu diperhatikan kondisi bendung di Bendungan Randugunting yang ada sekarang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4.114 Data Teknis Bendung Randugunting

No	Data Teknis Bendung		
1	Elevasi Puncak	99,00	m
2	Elevasi Dasar Bendungan	70,00	m
3	Elevasi Dasar Galian	65,00	m
4	Tinggi Bendung	29	m
5	Umur Bendung	50	tahun
6	Panjang Bendungan	363,35	m

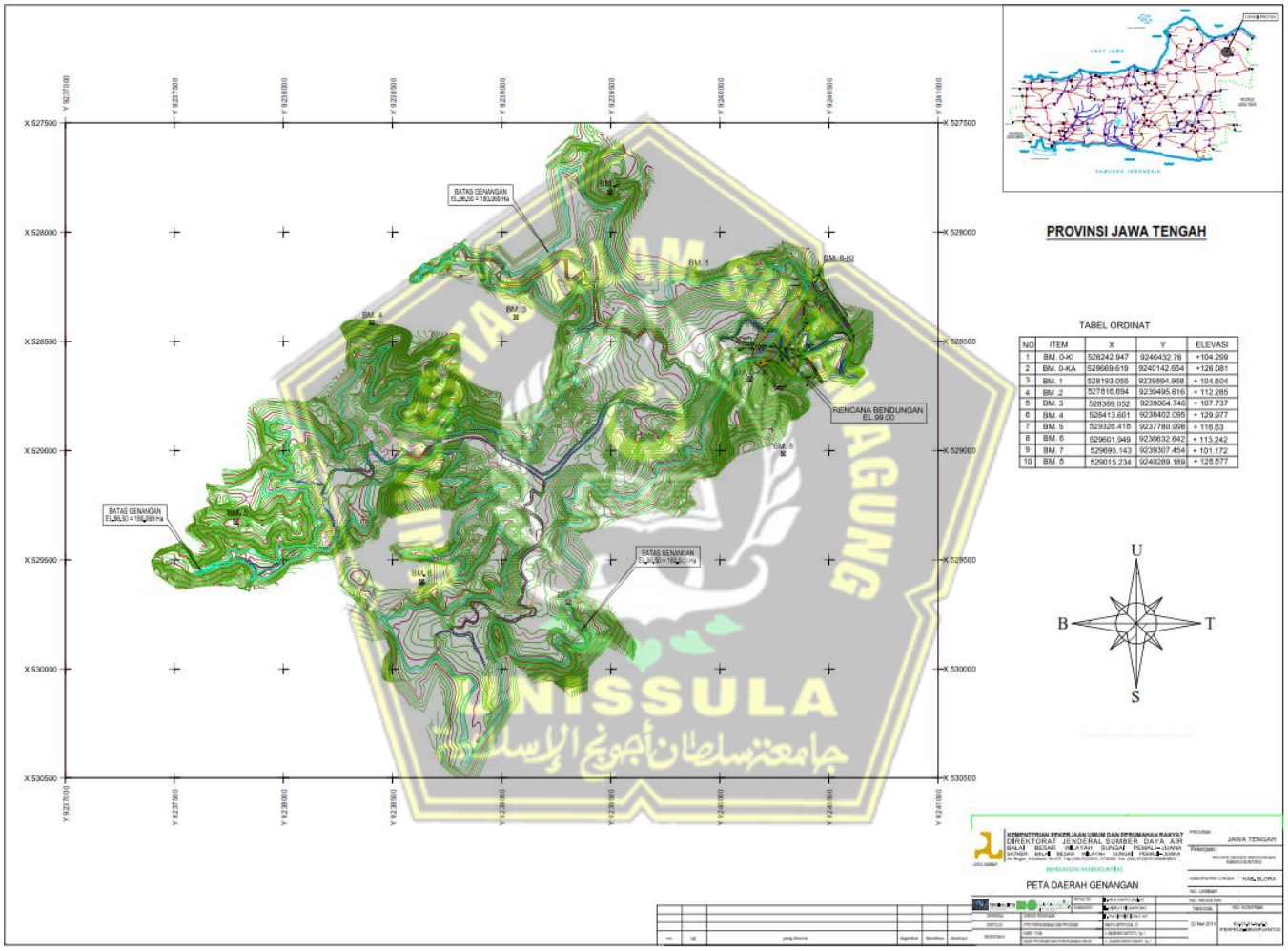
(Sumber: BBWS Pemali Juana)

Tabel 4.115 Data Teknis Waduk Randugunting

No	Data Teknis Waduk		
1	Luas Genangan	180	Ha
2	Tampungan Mati (Sedimentasi)	1790000	m^3
3	Tampungan Efektif	8610000	m^3
4	Total Tampungan/ kapasitas waduk	10400000	m^3
5	Elevasi Muka Air Normal	94.27	m
6	Elevasi MukaAir Banjir	96.50	m

(Sumber: BBWS Pemali Juana)

Kapasitas waduk merupakan kemampuan suatu waduk untuk memuat tampungan mati berupa sedimen dan tampungan efektif. Untuk mendapatkan volume tampungan waduk perlu dilakukan analisa terhadap keadaan topografi wilayah tampungan. Setelah menganalisa peta topografi Bendungan Randugunting didapatkan elevasi setiap titik. Kemudian dengan bantuan *software AutoCAD* didapatkan luasan masing-masing elevasi.



NO	ITEM	X	Y	ELEVASI
1	BM. 0-KI	528242.947	9240432.76	+104.299
2	BM. 0-KA	528669.619	9240142.654	+126.081
3	BM. 1	528193.055	9239894.968	+ 104.604
4	BM. 2	527816.694	9239495.616	+ 112.285
5	BM. 3	528389.052	9239064.748	+ 107.737
6	BM. 4	528413.601	9238402.095	+ 129.977
7	BM. 5	529326.415	9237780.998	+ 116.63
8	BM. 6	529601.949	9238632.642	+ 113.242
9	BM. 7	529695.143	9239307.454	+ 101.172
10	BM. 8	529015.234	9240289.189	+ 128.577

Gambar 4.31 Peta Situasi Area Genangan Bendungan Randugunting

Rumus yang digunakan dalam perhitungan analisa kapasitas tampungan waduk Randugunting sebagai berikut:

V = $\frac{F_i+F_{i+1}}{2} X (h_{i+1} - h_i)$

I = V komulatif

I = $\sum \left[\frac{(F_i+F_{i+1})}{2} X(h_{i+1} - h_i)\right]$

Keternagan :

I : Kapasitas tampungan waduk (m^3)

V : Volume tampungan (m^3)

F_1 : Luas daerah h_1 (m^2)

F_{i+1} : Luas daerah h_{1+1} (m^2)

hi : Keliling wilayah dengan elevasi I (m)

h_{i+1} : Keliling wilayah dengan elevasi i+1 (m)

Berikut adalah analisa perhitungan kapasitas Waduk Randugunting pada elevasi ± 72,50 m hingga ± 75,00 m.

hi = h_2 = 72,50

h_{i+1} = h_3 = 75,00

F_1 = A_2 = 9096,65 m^2

F_{i+1} = A_3 = 26565,31 m^2

V = $\frac{F_i+F_{i+1}}{2} X (h_{i+1} - h_i)$

= $\frac{9096,65+26565,31}{2} X (75,00 - 72,50)$

= $\frac{9096,65+26565,31}{2} X 2,5$

= 44577,45 m^3

I = V komulatif

= $V_i + V_{i-1}$

= 44577,45 + 11370,81

= 55948,26 m^3

Kemudian untuk perhitungan kapasitas tampungan Waduk Randugunting dapat dilihat pada tabel 4.116 berikut ini:

Tabel 4.116 Perhitungan Kapasitas Waduk Randugunting

No	Interval Elevasi I (m)	Elevasi (m)	Luas A (m^2)	Volume V (m^3)	Volume Komulatif Vkom (m^3)
1	2,5	70,00	0,00	0,00	0,00
2	2,5	72,50	9096,65	11370,81	11370,81
3	2,5	75,00	26565,31	44577,45	55948,26
4	2,5	77,50	59995,92	108201,54	164149,80
5	2,5	80,00	141739,32	252169,05	416318,85
6	2,5	82,50	274375,59	520143,64	936462,49
7	2,5	85,00	450581,80	906196,74	1842659,23
8	2,5	87,50	652013,84	1378244,55	3220903,78
9	2,5	90,00	919029,95	1963804,74	5184708,51
10	2,5	92,50	1255082,40	2717640,44	7902348,95
11	2,5	95,00	1577935,83	3541272,79	11443621,74
12	2,5	97,50	1949249,86	4408982,11	15852603,85
13	2,5	100,00	2315169,07	5330523,66	21183127,51

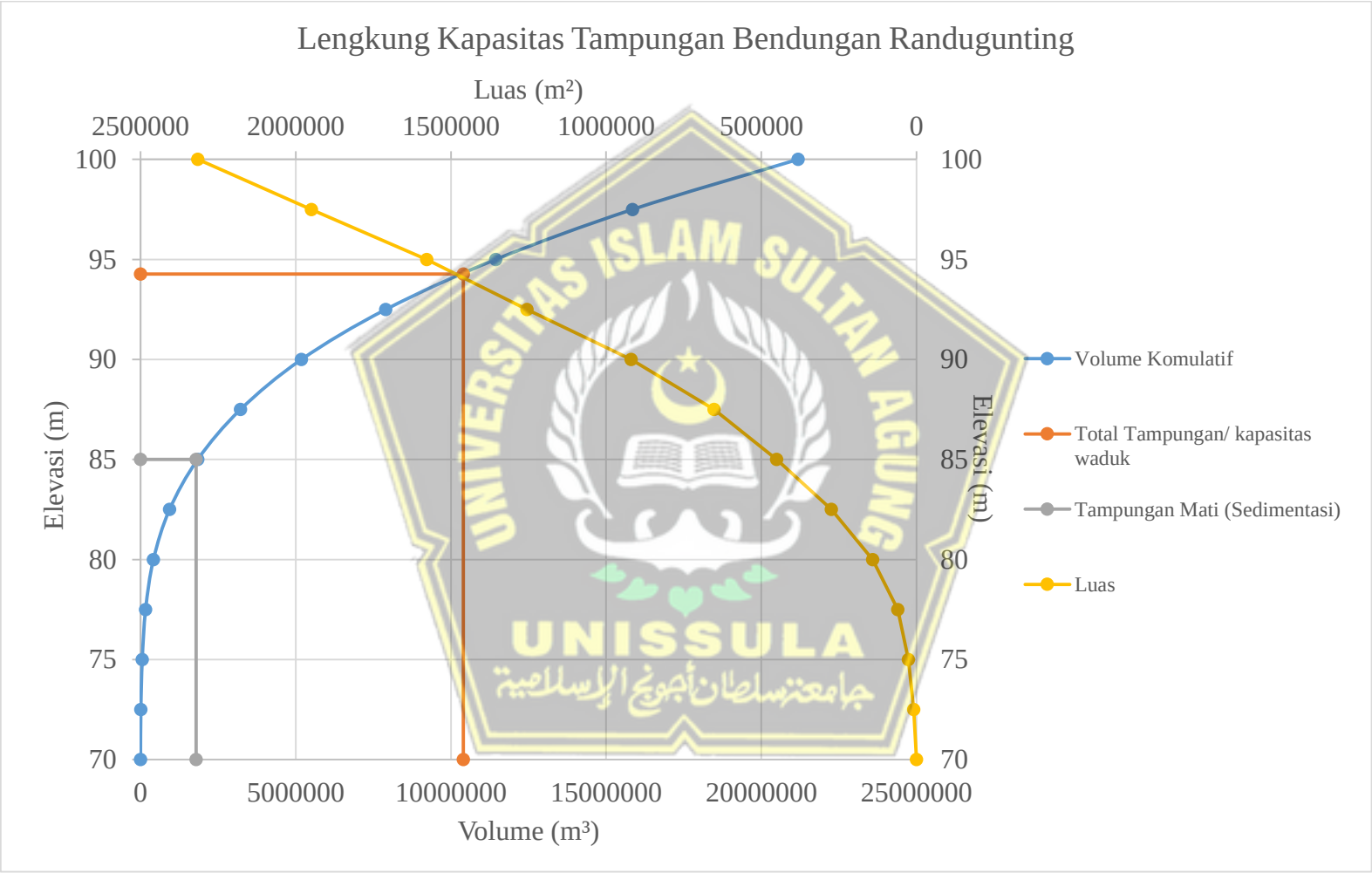
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari tabel 4.116 dapat digambarkan grafik kapasitas tampungan Waduk Randugunting pada Gambar 4.32. Dari Grafik tersebut didapatkan total tampungan atau kapasitas waduk adalah 10,4 Juta m^3 dengan elevasi ± 94,27 m memiliki luasan sebesar 1,46 Juta m^2. Dapat dilihat pada tabel 4.117 berikut:

Tabel 4.117 Hasil Analisa Lengkung Kapasitas Waduk

No	Keterangan	Volume (m^3)	Elevasi (m)	Luas (m^2)
1	Tampungan Mati (Sedimentasi)	1790000,00	85,00	450000,00
2	Total Tampungan/ kapasitas waduk	10400000,00	94,27	1460000,00

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.32 Lengkung Kapasitas Tampungan Bendungan Randugunting

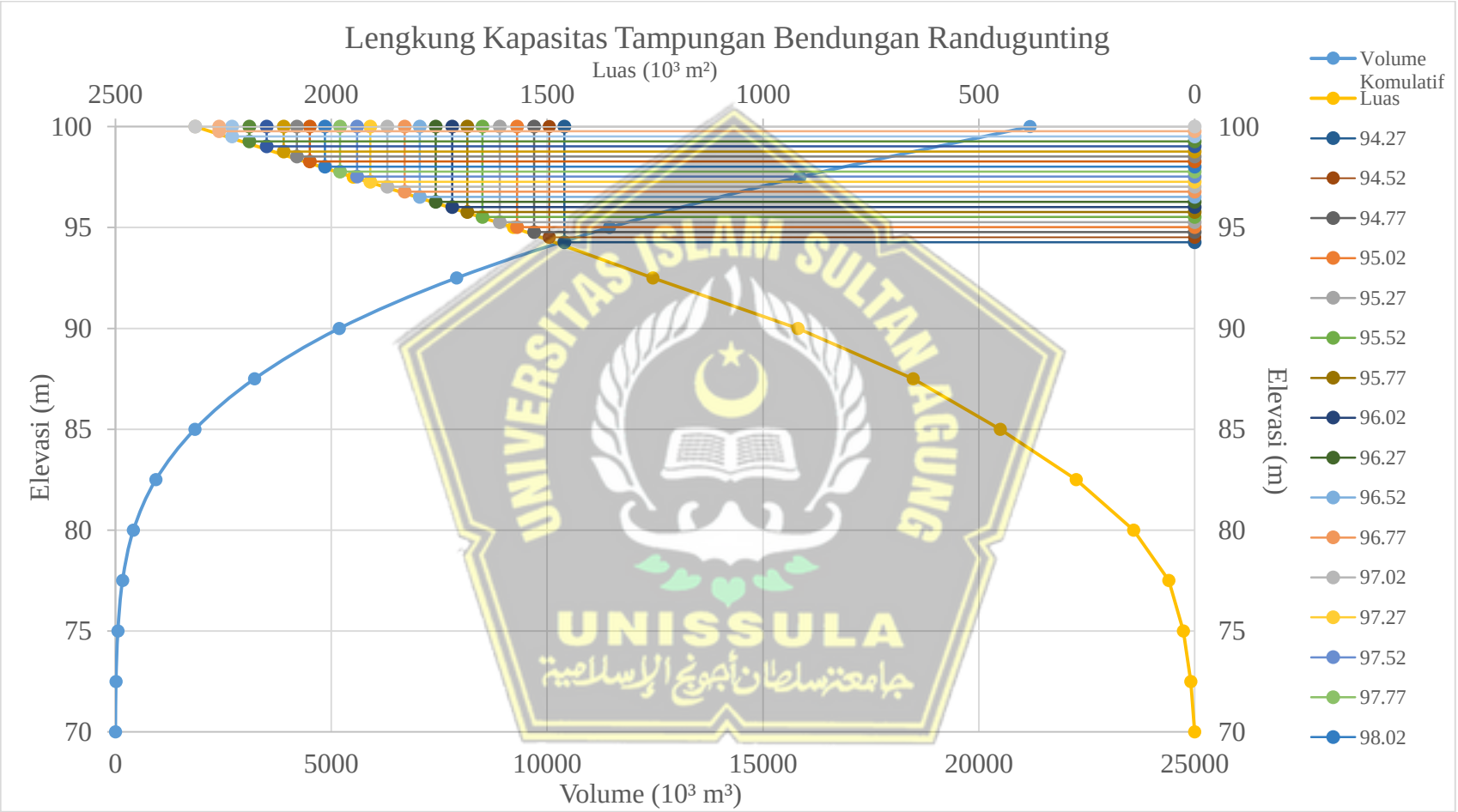
4.9 Analisa Penelusuran Banjir

4.9.1 Analisa Volume Tampungan

Tabel 4.118 Analisa Tampugan Bendungan Randugunting

No	Tinggi H (m)	Interval Elevasi I (m)	Elevasi (m)	Luas A (m^2)	Volume V (m^3)	Volume Komulatif Vkom (m^3)	*Storage* S (m^3)
1	0,00	0	94,27	1460000,00	10400000,00	10400000,00	0,00
2	0,25	0,25	94,52	1494999,90	369374,99	10769374,99	369374,99
3	0,50	0,25	94,77	1529999,00	378124,86	11147499,85	747499,85
4	0,75	0,25	95,02	1569999,00	387499,75	11534999,60	1134999,60
5	1,00	0,25	95,27	1609999,00	397499,75	11932499,35	1532499,35
6	1,25	0,25	95,52	1649999,00	407499,75	12339999,10	1939999,10
7	1,50	0,25	95,77	1684999,00	416874,75	12756873,85	2356873,85
8	1,75	0,25	96,02	1719999,90	425624,86	13182498,71	2782498,71
9	2,00	0,25	96,27	1757999,90	434749,98	13617248,69	3217248,69
10	2,25	0,25	96,52	1794999,90	444124,98	14061373,66	3661373,66
11	2,50	0,25	96,77	1829999,90	453124,98	14514498,64	4114498,64
12	2,75	0,25	97,02	1869999,99	462499,99	14976998,62	4576998,62
13	3,00	0,25	97,27	1909949,99	472493,75	15449492,37	5049492,37
14	3,25	0,25	97,52	1939999,00	481243,62	15930736,00	5530736,00
15	3,50	0,25	97,77	1979999,00	489999,75	16420735,75	6020735,75
16	3,75	0,25	98,02	2014990,00	499373,63	16920109,37	6520109,37
17	4,00	0,25	98,27	2049999,80	508123,73	17428233,10	7028233,10
18	4,25	0,25	98,52	2080000,00	516249,98	17944483,07	7544483,07
19	4,50	0,25	98,77	2110000,00	523750,00	18468233,07	8068233,07
20	4,75	0,25	99,02	2150000,00	532500,00	19000733,07	8600733,07
21	5,00	0,25	99,27	2190000,00	542500,00	19543233,07	9143233,07
22	5,25	0,25	99,52	2230000,00	552500,00	20095733,07	9695733,07
23	5,50	0,25	99,77	2260000,00	561250,00	20656983,07	10256983,07
24	5,73	0,23	100,00	2315169,07	526144,44	21183127,51	10783127,51

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.33 Kapasitas Tampungan Waduk
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.9.2 Analisa Koefisien Limpasan Debit

Koefisien limpasan tergantung pada tingi mercu dan tinggi limpasan debit yang melimpah diatas *spillway*. Berikut adalah analisa koefisien limpasan pada ketinggian limpasan/*Head* 0,25 m

Head (H) = 0,25 m

Elevasi Puncak Pelimpah = 94,27 m

Elevasi Dasar Pelimpah = 91,27 m

Co = 1,300 (Konstanta)

P = Elevasi Puncak Pelimpah – Elevasi Dasar Pelimpah

= 94.27 – 91.27

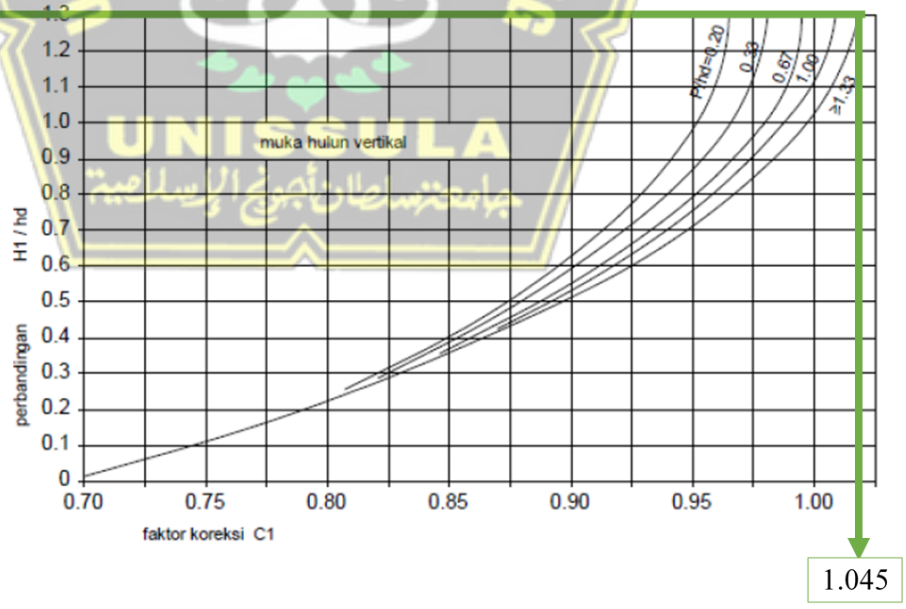
= 3,00 m

$\frac{P}{H_1} = \frac{3,00}{0,25}$

= 12,00

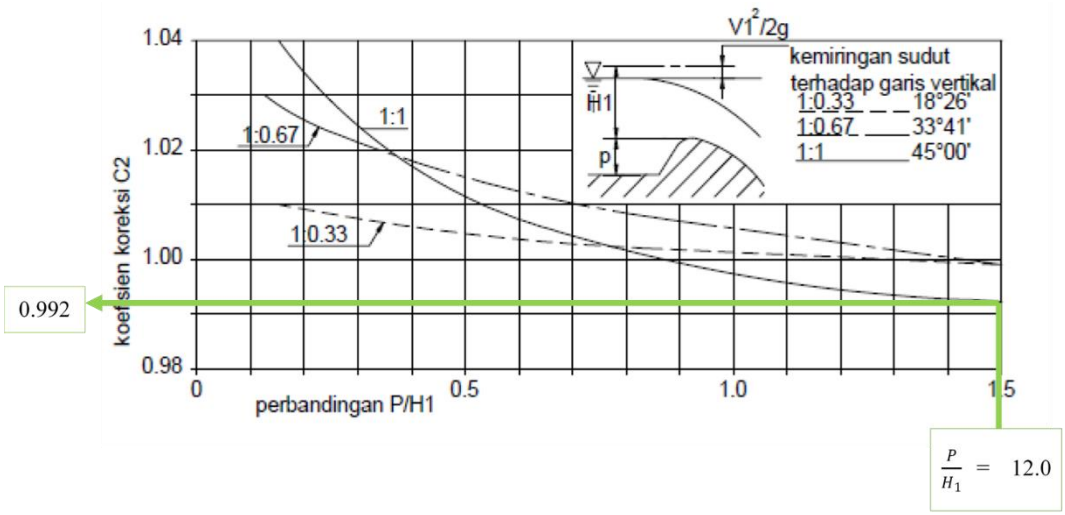
Dari nilai ini digunakan untuk membaca grafik pada gambar 4.34 dan 4.35 untuk mendapat nilai faktor koreksi C1 dan C2.

$\frac{P}{H_1}$ = 12.0



Gambar 4.34 Grafik Faktor Koreksi C1

C1 = 1,045 (Grafik Gambar 4.34)



Gambar 4.35 Grafik Faktor Koreksi C2

C2 = 0,992 (Grafik Gambar 4.35)

Cd = Co * C1 * C2

= 1,300*1,045*0,992

= 1,348

Analisa koefisien limpasan pada ketinggian limpasan/*Head* 2,50 m

Head (H) = 2,50 m

Co = 1,300 (Konstanta)

P = 3,00 m

$\frac{P}{H_1} = \frac{3,00}{2,50}$

= 1,20

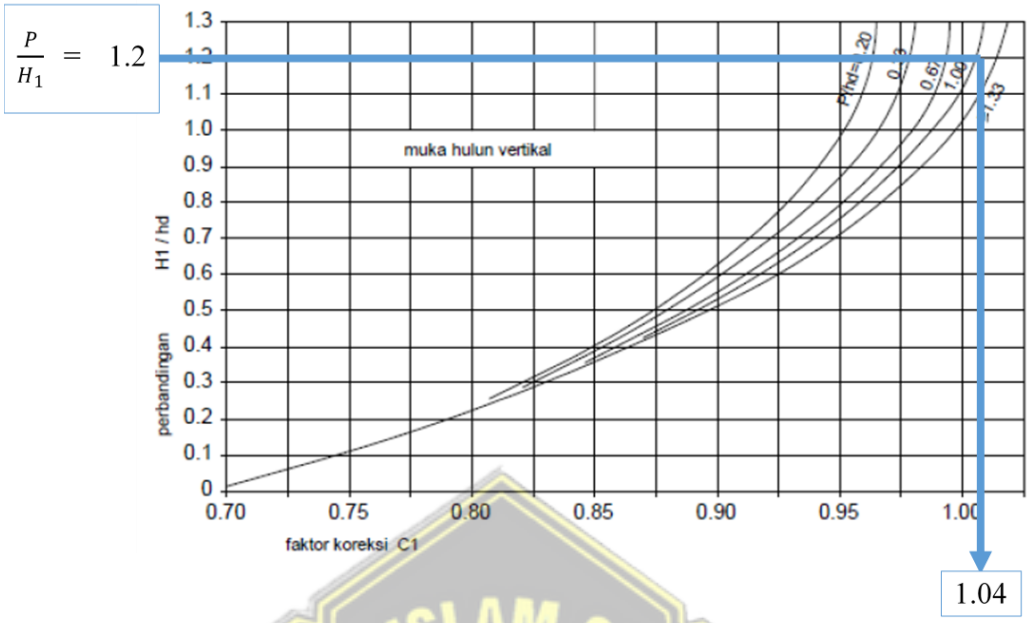
C1 = 1,040 (Gambar 4.36)

C2 = 0,996 (Gambar 4.37)

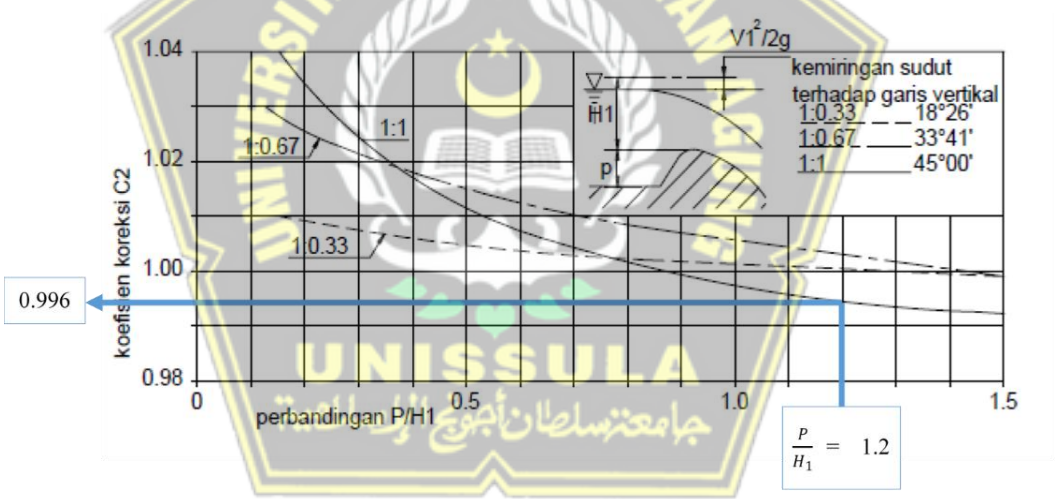
Cd = Co * C1 * C2

= 1,300*1,040*0,996

= 1,347



Gambar 4.36 Grafik Faktor Koreksi C1



Gambar 4.37 Grafik Faktor Koreksi C2

Hasil analisa pembacaan grafik untuk mendapat nilai Cd pada masing-masing ketinggian limpasan (H) sebagai berikut:

Tabel 4.119 Analisa Koefisien Limpasan Debit

No	Tinggi H (m)	Elevasi (m)	P/H_1	C			Cd
				C_0	C_1	C_2	
1	0,00	94,27	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,25	94,52	12,00	1,300	1,045	0,992	1,348
3	0,50	94,77	6,00	1,300	1,045	0,992	1,348
4	0,75	95,02	4,00	1,300	1,045	0,992	1,348
5	1,00	95,27	3,00	1,300	1,045	0,992	1,348
6	1,25	95,52	2,40	1,300	1,045	0,992	1,348
7	1,50	95,77	2,00	1,300	1,045	0,992	1,348
8	1,75	96,02	1,71	1,300	1,045	0,992	1,348
9	2,00	96,27	1,50	1,300	1,045	0,992	1,348
10	2,25	96,52	1,33	1,300	1,045	0,994	1,350
11	2,50	96,77	1,20	1,300	1,040	0,996	1,347
12	2,75	97,02	1,09	1,300	1,000	0,997	1,296
13	3,00	97,27	1,00	1,300	0,980	0,998	1,271
14	3,25	97,52	0,92	1,300	0,975	0,999	1,266
15	3,50	97,77	0,86	1,300	0,965	1,000	1,255
16	3,75	98,02	0,80	1,300	0,957	1,002	1,247
17	4,00	98,27	0,75	1,300	0,948	1,003	1,236
18	4,25	98,52	0,71	1,300	0,945	1,004	1,233
19	4,50	98,77	0,67	1,300	0,925	1,005	1,209
20	4,75	99,02	0,63	1,300	0,915	1,006	1,197
21	5,00	99,27	0,60	1,300	0,910	1,007	1,191
22	5,25	99,52	0,57	1,300	0,900	1,008	1,179
23	5,50	99,77	0,55	1,300	0,895	1,009	1,174
24	5,73	100,00	0,52	1,300	0,880	1,010	1,155

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.9.3 Analisa Perhitungan Lebar *Spillway*

Elevasi Pelimpah	=	94,27	m
Elevasi Dasar Pelimpah	=	91,27	m
Elevasi Puncak Benungan	=	99,00	m
Elevasi Muka Air Banjir	=	96,50	m
Co	=	1,300	(Konstanta)
P	=	3	m

4.9.3.1. *Storage Function*

Analisa penelusuran volume tampungan (*Storage Function)* dengan lebar 20 m menggunakan analisa H = 0,25 m terletak pada elevasi 94,52 m sebagai berikut:

H	=	0,25	m
Elevasi	=	94,52	m
$Cd_{H=0,25}$	=	1,348	
t	=	1 jam	
dt	=	3600	detik
B	= L =	20	m
S	=	369374,99	m^3

$Qo = Cd * B * H$

$Qo_{H=0,25} = Cd * B * H^{\frac{3}{2}}$

$= 1,348 * 20 * 0,25^{\frac{3}{2}}$

$= 3,37 \quad m^3/dt$

$\frac{Qo}{2} = \frac{3,37}{2}$

$= 1,68 \quad m^3/dt$

$\frac{S}{dt} = \frac{369374,99}{3600}$

$= 102,60 \; m^3/dt$

Kemudian dibuat grafik hubungan antara besar tampungan yang dapat ditampung (S) dengan ketinggian limpasan (H) pada gambar 4.38. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

X = $20{,}185y^2 + 407{,}35y - 1{,}1871$

Keterangan:

X : S : Besar volume tampungan (m^3/dt)

Y : H : *Head* tinggi limpasan (m)

$\alpha_2 = \frac{2*S_2}{\Delta t} + Qo$

$= \frac{2*102{,}60}{1} + 1.68$

$= 208{,}58 \quad m^3/dt$

Kemudian dibuat grafik hubungan antara besar debit yang melimpas (qo) dengan α_2 pada gambar 4.39. Selanjutnya didapat persamaan sebagai berikut:

X = $1E\text{-}13y^4 - 2E\text{-}09y^3 + 1E\text{-}05y^2 + 0{,}0246y - 1{,}955$

Keterangan:

X : Q *Outflow* (Qo) : Debit yang melimpas (m^3/dt)

Y : α_2 : $I_1 + I_2 + \beta_1$

$\Psi = \frac{S}{dt} + \frac{Q_2}{2}$

$= 102{,}60 - 1{,}68$

$= 100{,}92 \quad m^3/dt$

$\varphi = \frac{S}{dt} - \frac{Q_2}{2}$

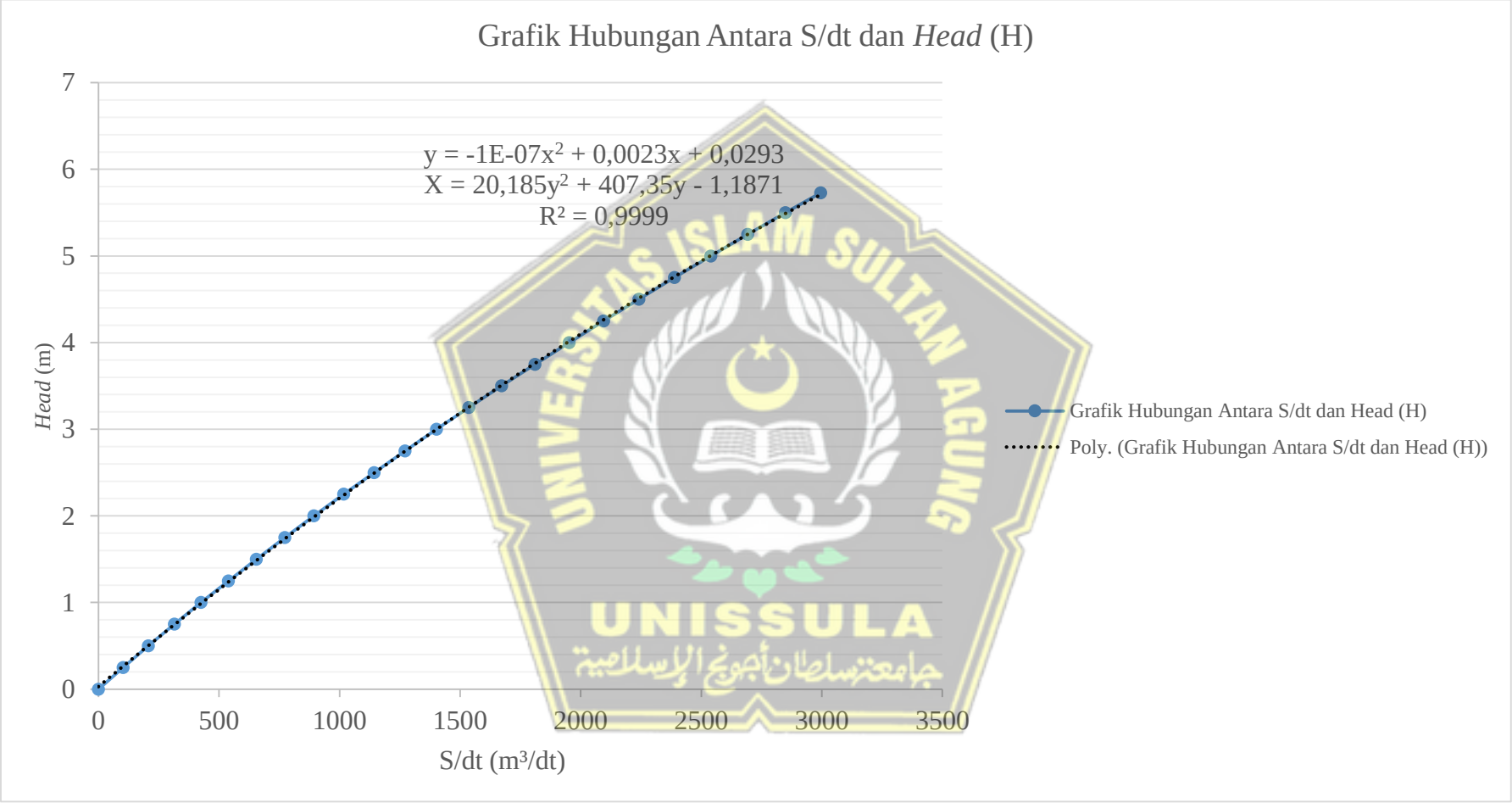
$= 102{,}60 + 1{,}68$

$= 104{,}29 \quad m^3/dt$

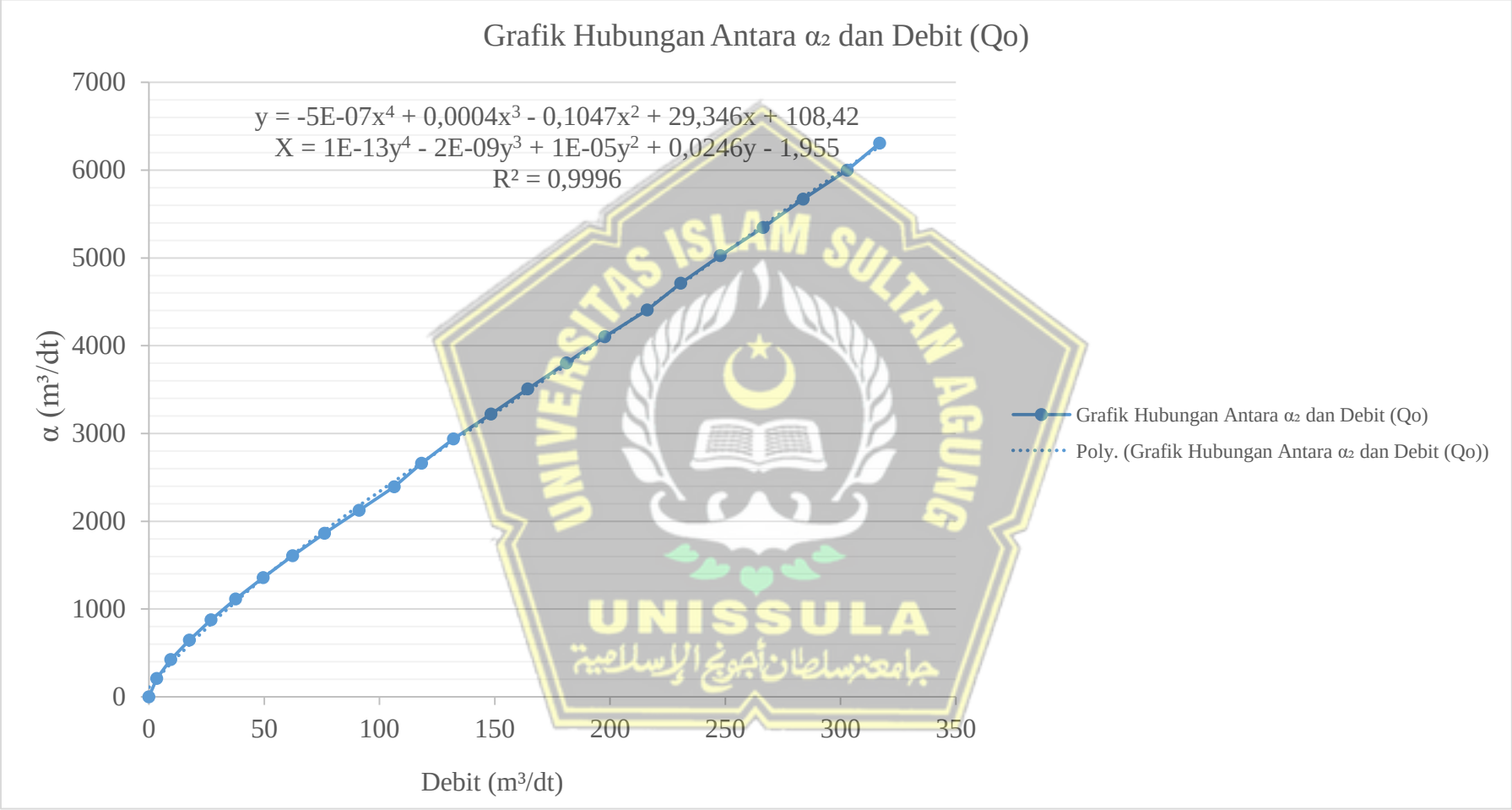
Tabel 4.120 Analisa *Storage Function* Asumsi Lebar *Spillway* 20 m

No	H (m)	Elevasi (m)	C	L (m)	Qo (m^3/dt)	Qo/2 (m^3/dt)	S (m^3)	S/dt (m^3/dt)	α_2 (m^3/dt)	Ψ (m^3/dt)	φ (m^3/dt)
1	0,00	94,27	0,000	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,25	94,52	1,348	20,00	3,37	1,68	369374,99	102,60	208,58	100,92	104,29
3	0,50	94,77	1,348	20,00	9,53	4,76	747499,85	207,64	424,81	202,87	212,40
4	0,75	95,02	1,348	20,00	17,51	8,75	1134999,60	315,28	648,06	306,52	324,03
5	1,00	95,27	1,348	20,00	26,95	13,48	1532499,35	425,69	878,34	412,22	439,17
6	1,25	95,52	1,348	20,00	37,67	18,83	1939999,10	538,89	1115,44	520,05	557,72
7	1,50	95,77	1,348	20,00	49,52	24,76	2356873,85	654,69	1358,89	629,93	679,44
8	1,75	96,02	1,348	20,00	62,40	31,20	2782498,71	772,92	1608,23	741,72	804,11
9	2,00	96,27	1,348	20,00	76,23	38,12	3217248,69	893,68	1863,59	855,56	931,80
10	2,25	96,52	1,350	20,00	91,15	45,57	3661373,66	1017,05	2125,25	971,47	1062,62
11	2,50	96,77	1,347	20,00	106,46	53,23	4114498,64	1142,92	2392,29	1089,69	1196,15
12	2,75	97,02	1,296	20,00	118,21	59,11	4576998,62	1271,39	2660,99	1212,28	1330,50
13	3,00	97,27	1,271	20,00	132,13	66,07	5049492,37	1402,64	2937,41	1336,57	1468,70
14	3,25	97,52	1,266	20,00	148,38	74,19	5530736,00	1536,32	3221,01	1462,13	1610,50
15	3,50	97,77	1,255	20,00	164,29	82,14	6020735,75	1672,43	3509,14	1590,28	1754,57
16	3,75	98,02	1,247	20,00	181,05	90,53	6520109,37	1811,14	3803,33	1720,62	1901,67
17	4,00	98,27	1,236	20,00	197,78	98,89	7028233,10	1952,29	4102,35	1853,40	2051,17
18	4,25	98,52	1,233	20,00	216,13	108,07	7544483,07	2095,69	4407,51	1987,62	2203,76
19	4,50	98,77	1,209	20,00	230,73	115,36	8068233,07	2241,18	4713,08	2125,81	2356,54
20	4,75	99,02	1,197	20,00	247,76	123,88	8600733,07	2389,09	5025,95	2265,21	2512,97
21	5,00	99,27	1,191	20,00	266,38	133,19	9143233,07	2539,79	5345,95	2406,60	2672,98
22	5,25	99,52	1,179	20,00	283,74	141,87	9695733,07	2693,26	5670,25	2551,39	2835,13
23	5,50	99,77	1,174	20,00	302,85	151,43	10256983,07	2849,16	6001,18	2697,74	3000,59
24	5,73	100,00	1,155	20,00	316,96	158,48	10783127,51	2995,31	6307,59	2836,83	3153,79

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.38 Grafik Hubungan Antara S/dt dan *Head* (H)
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.39 Grafik Hubungan Antara α_2 dan Debit (Qo)
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.9.3.2. Flood Routing

Analisa penelusuran banjir pada *Spillway* dengan lebar 20 m menggunakan debit *inflow* hasil perhitungan dari HSS Gama I kala ulang 1000 tahunan pada durasi waktu t= 1 jam sebagai berikut:

Tabel 4.121 Hasil Analisa HSS Gama I Periode 1000 Tahunan

No	t jam	Q *Inflow* (Ii) (m^3/dt)
1	0,00	8,787
2	1,00	125,155
3	1,67	254,092
4	2,00	143,873
5	3,00	123,539
6	4,00	102,512
7	5,00	83,709
8	6,00	64,385
9	7,00	50,046
10	8,00	39,404
11	9,00	31,507
12	10,00	25,647
13	11,00	21,299
14	12,00	18,072
15	13,00	15,677
16	14,00	13,900
17	15,00	12,581
18	16,00	11,603
19	17,00	10,876
20	18,00	10,337
21	19,00	9,937
22	20,00	9,641
23	21,00	9,420
24	22,00	9,257
25	23,00	9,136
26	24,00	9,046

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Menurut Soedarsono pada bukunya yang berjudul Bangunan *Type* Urugan dijabarkan bahwa nilai koefisien limpasan dipengaruhi dari berbagai faktor diantaranya ketinggian air pada saluran pengarah, kemiringan lereng udik bendungan, *Head* atau ketinggian air diatas bendungan, dan selisih elevasi pada saluran air yang direncanakan dengan saluran air. Dari parameter tersebut disimpulkan nilai koefisien berkisar antara 2.0-2.1.

Cd = 2,1 (Asumsi)

B = L = 20 m

t = 1,00 jam

Δt = 1 jam = 3600 detik

$Q_{t=1jam}$ = I_1 = 125,155 (m^3/dt)

$Q_{t=0jam}$ = I_2 = 8,787 (m^3/dt)

$$Q = Cd * B * H^{\frac{3}{2}}$$

$$H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{Cd*B}$$

$$H = \left(\frac{Q}{Cd*B}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{t=1jam} = \left(\frac{Q_{t=1jam}}{Cd*B}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= \left(\frac{125,155}{2,1*20}\right)^{\frac{2}{3}}$$

= 2,07 m

Elevasi Limpasan = Elevasi Puncak *Spillway* + $H_{t=1jam}$

= Elevasi Puncak *Spillway* + $H_{t=1jam}$

= 94,27+2,07

= 96,34 m

Untuk mengetahui besar tampungan yang dapat ditampung digunakan persamaan yang didapat dari grafik hubungan antara H dengan S pada gambar 4.38. dengan persamaan sebagai berikut :

$X = 20{,}185y^2 + 407{,}35y - 1{,}1871$

Keterangan:

X : S : Besar volume tampungan (m^3/dt)

Y : H : *Head* tinggi limpasan (m)

$H_{t=1jam} = 2{,}07$ m

$X = 20{,}185y^2 + 407{,}35y - 1{,}1871$

$S = 20{,}185*H^2 + 407{,}35*H - 1{,}1871$

$S = 20{,}185*2{,}07^2 + 407{,}35*2{,}07 - 1{,}1871$

$= 928{,}90\ (m^3/dt)$

$\beta_{1(t=1jam)} = \frac{2*S_1}{\Delta t} - Q_{t=1jam}$

$= \frac{2*928{,}90}{1} - 125{,}155$

$= 1732{,}64\ (m^3/dt)$

$\alpha_2 = I_1 + I_2 + \beta_1$

$= 125{,}155 + 8{,}787 + 1732{,}64$

$= 1866{,}58\ (m^3/dt)$

Untuk mengetahui besar debit yang melimpas digunakan persamaan yang didapat dari grafik hubungan antaran α_2 dengan Qo pada gambar 4.39. dengan persamaan sebagai berikut :

$X = 1E\text{-}13y^4 - 2E\text{-}09y^3 + 1E\text{-}05y^2 + 0{,}0246y - 1{,}955$

Keterangan:

X : Q *Outflow* (Qo) : Debit yang melimpas (m^3/dt)

Y : α_2 : $I_1 + I_2 + \beta_1$

$X = 1E\text{-}13y^4 - 2E\text{-}09y^3 + 1E\text{-}05y^2 + 0{,}0246y - 1{,}955$

$Qo = 1E\text{-}13*\alpha_2^4 - 2E\text{-}09*\alpha_2^3 + 1E\text{-}05*\alpha_2^2 + 0{,}0246*\alpha_2 - 1{,}955$

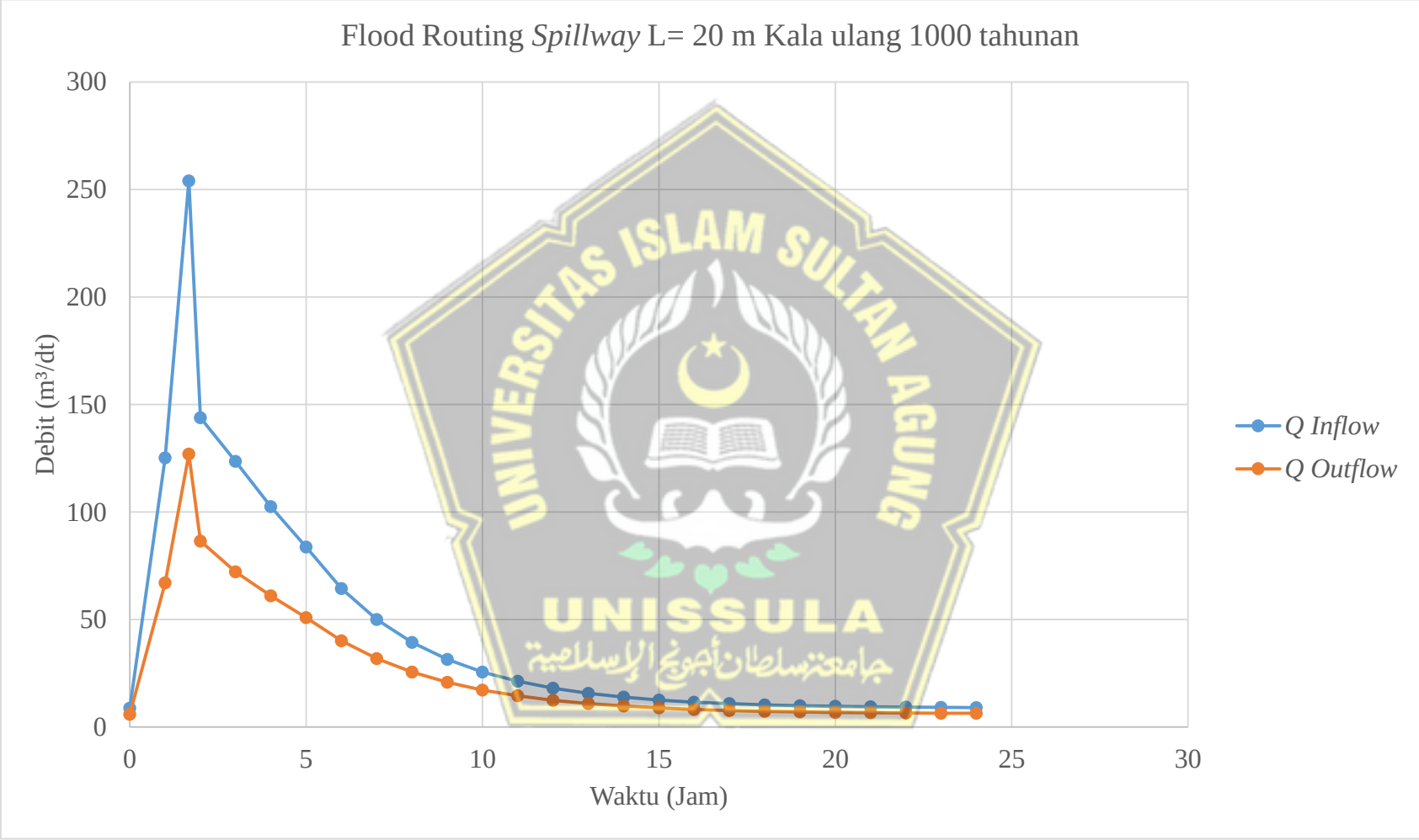
$= 1E\text{-}13*1866{,}58^4 - 2E\text{-}09*1866{,}58^3 + 1E05*1866{,}58^2 + 0{,}0246*1866{,}58 - 1{,}955$

$= 67{,}01\ (m^3/dt)$

Tabel 4.122 Analisa *Flood Routing* Asumsi Lebar *Spillway* 20 m

No	t jam	*Q Inflow* (Ii) (m^3/dt)	I_1+I_2 (m^3/dt)	Cd	L (m)	S (m^3/dt)	β_2 (m^3/dt)	α_2 (m^3/dt)	*Q Outflow* $X = 1E\text{-}13y^4 - 2E\text{-}09y^3 + 1E\text{-}05y^2 + 0.0246y - 1.955$ (m^3/dt)	H (m)	Elevasi (m)
1	0,00	8,787	8,787	2,100	20,00	144,88	280,97	289,75	5,96	0,35	94,27
2	1,00	125,155	133,942	2,100	20,00	928,90	1732,64	1866,58	67,01	2,07	96,34
3	1,67	254,092	379,247	2,100	20,00	1573,80	2893,50	3272,75	127,03	3,32	97,59
4	2,00	143,873	397,965	2,100	20,00	1028,71	1913,55	2311,51	86,49	2,27	96,54
5	3,00	123,539	267,411	2,100	20,00	920,13	1716,73	1984,14	72,15	2,05	96,32
6	4,00	102,512	226,051	2,100	20,00	803,59	1504,67	1730,72	61,10	1,81	96,08
7	5,00	83,709	186,222	2,100	20,00	694,58	1305,44	1491,67	50,85	1,58	95,85
8	6,00	64,385	148,095	2,100	20,00	576,07	1087,75	1235,85	40,18	1,33	95,60
9	7,00	50,046	114,431	2,100	20,00	482,15	914,25	1028,68	31,87	1,12	95,39
10	8,00	39,404	89,450	2,100	20,00	407,74	776,08	865,53	25,59	0,96	95,23
11	9,00	31,507	70,912	2,100	20,00	348,88	666,26	737,17	20,84	0,83	95,10
12	10,00	25,647	57,155	2,100	20,00	302,47	579,29	636,45	17,25	0,72	94,99
13	11,00	21,299	46,946	2,100	20,00	266,02	510,74	557,68	14,54	0,64	94,91
14	12,00	18,072	39,370	2,100	20,00	237,54	457,00	496,37	12,48	0,57	94,84
15	13,00	15,677	33,749	2,100	20,00	215,41	415,15	448,90	10,93	0,52	94,79
16	14,00	13,900	29,577	2,100	20,00	198,33	382,76	412,34	9,75	0,48	94,75
17	15,00	12,581	26,481	2,100	20,00	185,23	357,87	384,35	8,87	0,45	94,72
18	16,00	11,603	24,184	2,100	20,00	175,23	338,85	363,04	8,20	0,42	94,69
19	17,00	10,876	22,479	2,100	20,00	167,64	324,41	346,89	7,70	0,41	94,68
20	18,00	10,337	21,214	2,100	20,00	161,91	313,48	334,70	7,33	0,39	94,66
21	19,00	9,937	20,275	2,100	20,00	157,60	305,26	325,53	7,04	0,38	94,65
22	20,00	9,641	19,578	2,100	20,00	154,36	299,08	318,66	6,84	0,37	94,64
23	21,00	9,420	19,061	2,100	20,00	151,94	294,46	313,52	6,68	0,37	94,64
24	22,00	9,257	18,678	2,100	20,00	150,13	291,01	309,69	6,56	0,36	94,63
25	23,00	9,136	18,393	2,100	20,00	148,79	288,44	306,83	6,48	0,36	94,63
26	24,00	9,046	18,182	2,100	20,00	147,78	286,52	304,70	6,41	0,36	94,63

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.40 Flood Routing *Spillway* L= 20 m Kala ulang 1000 tahunan

4.9.4 Kesimpulan Analisa Limpasan

P = 3 m

Elevasi Pelimpah = 94,27 m

Elevasi Puncak Benungan = 99,00 m

Elevasi Muka Air Banjir = 96,50 m

Head Max = Elevasi Muka Air Banjir - Elevasi Pelimpah

= 96,50 – 94,27

= 2,23 m

Apabila elevasi limpasan dari *spillway* lebih tinggi dari elevasi puncak bendungan maka akan terjadi *overtopping*, dari 51 percobaan lebar *spillway* yang telah dilakukaan didapatkan hasil dengan lebar L=40 m didapatkan elevasi limpasan setinggi 96.36 m, *Head* (H) = 2.09m. (Tabel 4.123)

Hubungan antara tinggi limpasan dengan tinggi pelimpah menurut Suyono Sorodarsono dalam bukunya "Bendungan *Type* Urugan" halaman 180.



Gambar 4.41 Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit Pelimpah (Sumber: Sosrodarsono, 1977)

W $\geq \frac{1}{5} * H$

Dimana W adalah P, maka:

P $\geq \frac{1}{5} * H$

3 $\geq \frac{1}{5} * 2,09$

3 $\geq$ 0,418

Maka, V $\leq$ 4 m/dt

Sehingga dengan *Head* sebesar 2,09 m dan lebar *spillway* 40 m dapat digunakan pada Bendungan Randugunting. Berikutnya lebar (L) = 40 akan digunakan dalam analisa hidrolika bangunan pelimpah.

Berikut adalah rekap hasil analisa perhitungan *Outflow* dan tinggi limpasan dari *trial* beberapa lebar *spillway*.

Tabel 4.123 Analisa Lebar *Spillway* dan Tinggi Limpasan I

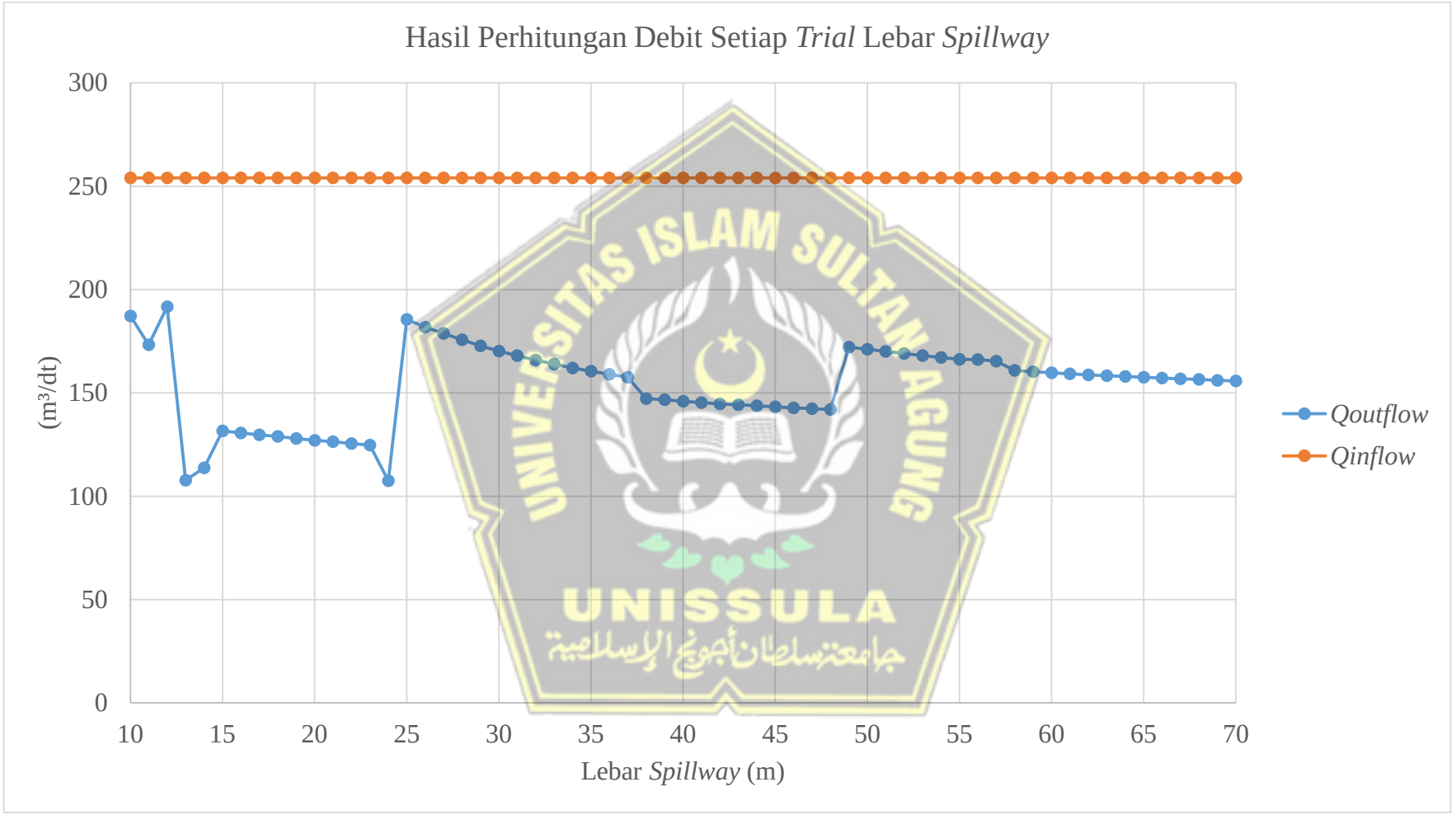
No	Lebar *Spillway* (L) (m)	*Qinflow* (m^3/dt)	*Qoutflow* (m^3/dt)	*Head* (H) (m)	Elevasi (m)	Kesimpulan
1	10	254,092	187,24	5,27	99,54	*Overtopping*
2	11	254,092	173,29	4,95	99,22	*Overtopping*
3	12	254,092	191,66	4,67	98,94	*Overtopping*
4	13	254,092	107,79	4,42	98,69	*Overtopping*
5	14	254,092	113,71	4,21	98,48	*Overtopping*
6	15	254,092	131,61	4,02	98,29	*Overtopping*
7	16	254,092	130,68	3,85	98,12	*Overtopping*
8	17	254,092	129,68	3,70	97,97	*Overtopping*
9	18	254,092	129,01	3,56	97,83	*Overtopping*
10	19	254,092	128,00	3,44	97,71	*Overtopping*
11	20	254,092	127,03	3,32	97,59	*Overtopping*
12	21	254,092	126,43	3,21	97,48	*Overtopping*
13	22	254,092	125,57	3,12	97,39	*Overtopping*
14	23	254,092	124,78	3,02	97,29	*Overtopping*
15	24	254,092	107,53	2,94	97,21	*Overtopping*
16	25	254,092	185,62	2,86	97,13	*Overtopping*
17	26	254,092	181,89	2,79	97,06	*Overtopping*
18	27	254,092	178,76	2,72	96,99	*Overtopping*
19	28	254,092	175,66	2,65	96,92	*Overtopping*
20	29	254,092	172,83	2,59	96,86	*Overtopping*
21	30	254,092	170,24	2,53	96,80	*Overtopping*
22	31	254,092	168,10	2,48	96,75	*Overtopping*
23	32	254,092	165,92	2,43	96,70	*Overtopping*
24	33	254,092	163,91	2,38	96,65	*Overtopping*
25	34	254,092	162,06	2,33	96,60	*Overtopping*
26	35	254,092	160,57	2,29	96,56	*Overtopping*
27	36	254,092	158,99	2,24	96,51	*Overtopping*
28	37	254,092	157,53	2,20	96,47	Memenuhi
29	38	254,092	147,25	2,16	96,43	Memenuhi
30	39	254,092	146,67	2,13	96,40	Memenuhi
31	40	254,092	145,94	2,09	96,36	Memenuhi
32	41	254,092	145,27	2,06	96,33	Memenuhi
33	42	254,092	144,64	2,02	96,29	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.124 Analisa Lebar *Spillway* dan Tinggi Limpasan II

No	Lebar *Spillway* (L) (m)	*Qinflow* (m^3/dt)	*Qoutflow* (m^3/dt)	*Head* (H) (m)	Elevasi (m)	Kesimpulan
34	43	254,092	144,25	1,99	96,26	Memenuhi
35	44	254,092	143,72	1,96	96,23	Memenuhi
36	45	254,092	143,22	1,93	96,20	Memenuhi
37	46	254,092	142,76	1,91	96,18	Memenuhi
38	47	254,092	142,34	1,88	96,15	Memenuhi
39	48	254,092	141,95	1,85	96,12	Memenuhi
40	49	254,092	172,08	1,83	96,10	Memenuhi
41	50	254,092	171,11	1,80	96,07	Memenuhi
42	51	254,092	170,04	1,78	96,05	Memenuhi
43	52	254,092	169,02	1,76	96,03	Memenuhi
44	53	254,092	168,07	1,73	96,00	Memenuhi
45	54	254,092	167,17	1,71	95,98	Memenuhi
46	55	254,092	166,32	1,69	95,96	Memenuhi
47	56	254,092	166,17	1,67	95,94	Memenuhi
48	57	254,092	165,39	1,65	95,92	Memenuhi
49	58	254,092	160,86	1,63	95,90	Memenuhi
50	59	254,092	160,29	1,61	95,88	Memenuhi
51	60	254,092	159,75	1,60	95,87	Memenuhi
47	61	254,092	159,25	1,58	95,85	Memenuhi
48	62	254,092	158,78	1,56	95,83	Memenuhi
49	63	254,092	158,34	1,55	95,82	Memenuhi
50	64	254,092	157,92	1,53	95,80	Memenuhi
51	65	254,092	157,53	1,51	95,78	Memenuhi
47	66	254,092	157,17	1,50	95,77	Memenuhi
48	67	254,092	156,83	1,48	95,75	Memenuhi
49	68	254,092	156,51	1,47	95,74	Memenuhi
50	69	254,092	156,07	1,45	95,72	Memenuhi
51	70	254,092	155,79	1,44	95,71	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

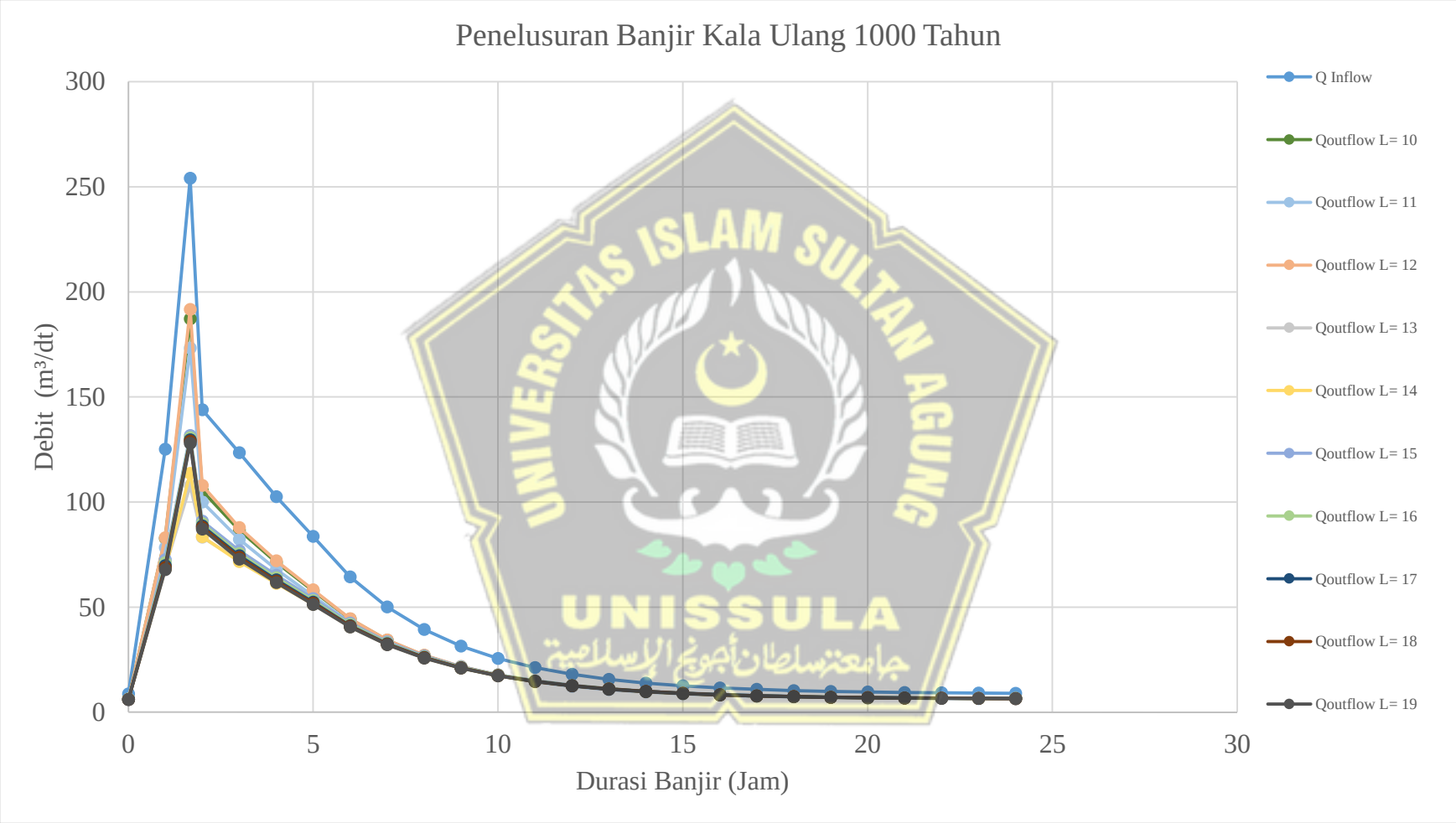


Gambar 4.42 Hasil Perhitungan Debit Setiap *Trial* Lebar *Spillway*

Tabel 4.125 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* I (L:10 m- 19 m)

No	t	Q *Inflow*	Q *Outflow*									
		(Ii)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	jam	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)
1	0,00	8,787	6,19	6,08	6,20	6,21	6,13	6,22	6,15	6,09	6,07	6,01
2	1,00	125,155	82,78	78,36	83,08	69,05	68,21	72,61	71,12	69,82	68,88	67,88
3	1,67	254,092	187,24	173,29	191,66	107,79	113,71	131,61	130,68	129,68	129,01	128,00
4	2,00	143,873	105,33	99,97	107,91	83,29	83,51	91,00	89,75	88,67	87,98	87,18
5	3,00	123,539	86,62	82,30	87,84	72,19	71,68	76,86	75,56	74,44	73,69	72,86
6	4,00	102,512	71,31	67,98	72,04	62,08	61,34	65,10	63,97	63,01	62,38	61,69
7	5,00	83,709	57,82	55,30	58,22	52,16	51,38	54,07	53,13	52,35	51,86	51,31
8	6,00	64,385	44,31	42,57	44,54	41,37	40,70	42,48	41,79	41,22	40,89	40,50
9	7,00	50,046	34,31	33,10	34,46	32,81	32,27	33,49	32,99	32,58	32,36	32,09
10	8,00	39,404	27,01	26,15	27,14	26,27	25,86	26,73	26,36	26,07	25,93	25,74
11	9,00	31,507	21,65	21,04	21,77	21,33	21,01	21,65	21,38	21,17	21,08	20,95
12	10,00	25,647	17,71	17,26	17,82	17,60	17,36	17,84	17,64	17,49	17,43	17,33
13	11,00	21,299	14,80	14,46	14,90	14,79	14,61	14,98	14,83	14,71	14,67	14,60
14	12,00	18,072	12,63	12,37	12,73	12,68	12,54	12,84	12,72	12,62	12,59	12,53
15	13,00	15,677	11,03	10,81	11,12	11,10	10,98	11,23	11,13	11,04	11,03	10,97
16	14,00	13,900	9,83	9,65	9,91	9,91	9,81	10,02	9,93	9,86	9,84	9,79
17	15,00	12,581	8,94	8,78	9,01	9,02	8,93	9,11	9,03	8,97	8,95	8,91
18	16,00	11,603	8,28	8,14	8,34	8,36	8,27	8,44	8,36	8,30	8,28	8,24
19	17,00	10,876	7,78	7,65	7,84	7,86	7,78	7,93	7,86	7,80	7,78	7,74
20	18,00	10,337	7,41	7,29	7,47	7,49	7,41	7,55	7,48	7,42	7,41	7,36
21	19,00	9,937	7,14	7,02	7,19	7,21	7,13	7,27	7,20	7,14	7,13	7,08
22	20,00	9,641	6,93	6,82	6,99	7,00	6,93	7,05	6,99	6,93	6,92	6,88
23	21,00	9,420	6,78	6,68	6,83	6,85	6,78	6,90	6,83	6,78	6,76	6,72
24	22,00	9,257	6,67	6,56	6,72	6,74	6,66	6,78	6,72	6,66	6,65	6,60
25	23,00	9,136	6,59	6,48	6,63	6,65	6,58	6,69	6,63	6,58	6,56	6,52
26	24,00	9,046	6,52	6,42	6,57	6,59	6,52	6,63	6,57	6,51	6,50	6,45

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

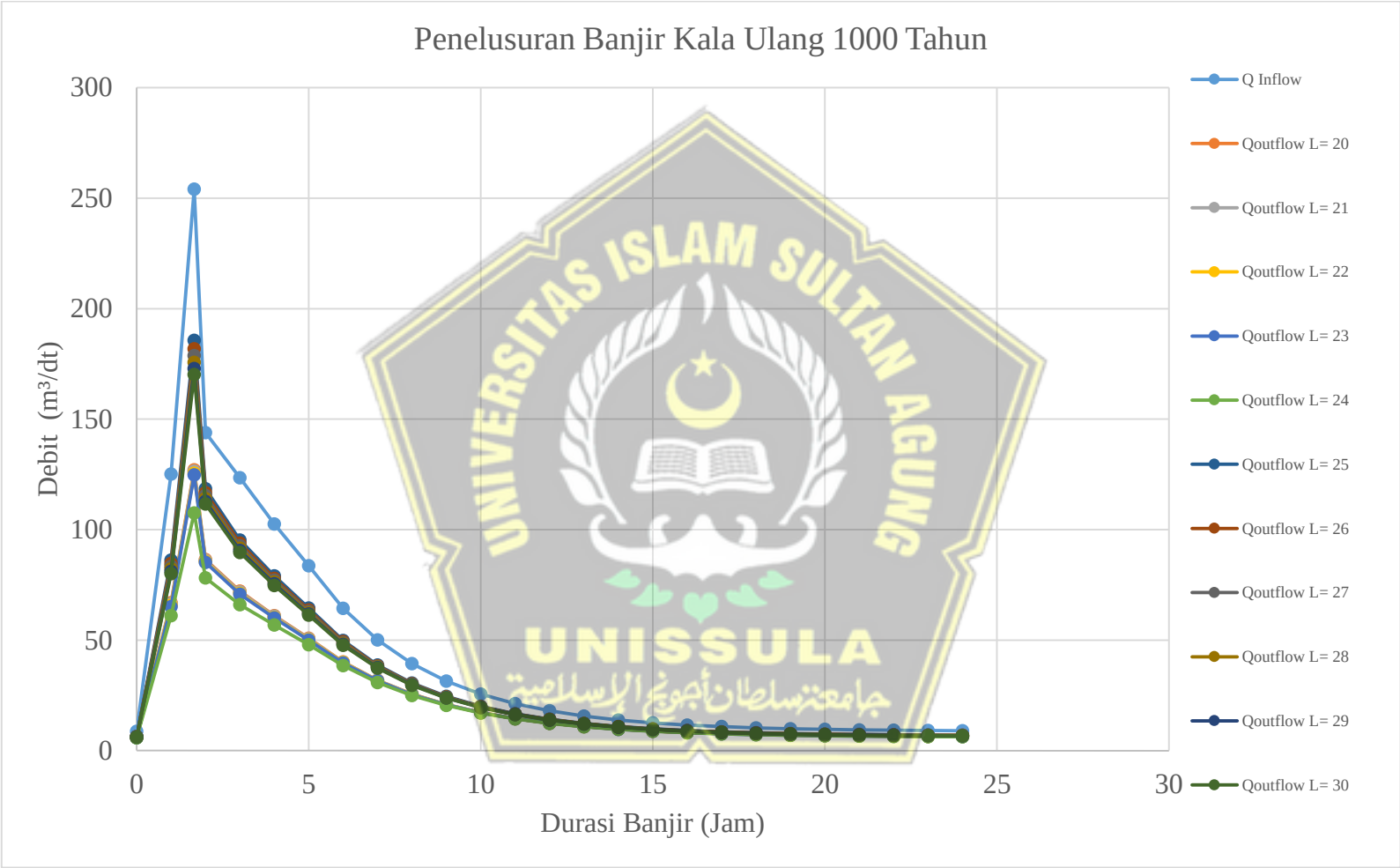


Gambar 4.43 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* I (L:10 m- 19 m)

Tabel 4.126 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* II (L: 20 m- 30 m)

No	t	Q *Inflow*	Q *Outflow*										
		(Ii)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	jam	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)
1	0,00	8,787	5,96	5,95	5,90	5,86	5,82	6,40	6,33	6,28	6,22	6,15	6,09
2	1,00	125,155	67,01	66,43	65,75	65,16	61,14	86,21	84,69	83,46	82,20	81,07	80,03
3	1,67	254,092	127,03	126,43	125,57	124,78	107,53	185,62	181,89	178,76	175,66	172,83	170,24
4	2,00	143,873	86,49	86,14	85,65	85,24	78,22	118,51	116,78	115,43	114,04	112,80	111,69
5	3,00	123,539	72,15	71,74	71,22	70,78	66,12	95,34	93,90	92,78	91,61	90,57	89,63
6	4,00	102,512	61,10	60,78	60,36	60,01	56,82	79,08	77,97	77,12	76,24	75,44	74,73
7	5,00	83,709	50,85	50,61	50,29	50,03	47,94	64,49	63,66	63,04	62,38	61,79	61,27
8	6,00	64,385	40,18	40,04	39,83	39,66	38,46	49,85	49,28	48,89	48,45	48,06	47,71
9	7,00	50,046	31,87	31,79	31,65	31,54	30,86	38,75	38,37	38,11	37,81	37,54	37,31
10	8,00	39,404	25,59	25,55	25,46	25,39	25,00	30,59	30,32	30,15	29,94	29,76	29,59
11	9,00	31,507	20,84	20,83	20,77	20,72	20,49	24,55	24,35	24,24	24,09	23,95	23,84
12	10,00	25,647	17,25	17,25	17,21	17,17	17,04	20,06	19,91	19,83	19,72	19,62	19,53
13	11,00	21,299	14,54	14,54	14,51	14,48	14,39	16,71	16,59	16,53	16,44	16,36	16,28
14	12,00	18,072	12,48	12,49	12,46	12,43	12,37	14,20	14,11	14,06	13,98	13,91	13,84
15	13,00	15,677	10,93	10,93	10,90	10,88	10,84	12,33	12,24	12,20	12,13	12,06	12,01
16	14,00	13,900	9,75	9,76	9,73	9,70	9,67	10,92	10,84	10,80	10,74	10,68	10,62
17	15,00	12,581	8,87	8,87	8,84	8,81	8,78	9,86	9,79	9,76	9,69	9,63	9,58
18	16,00	11,603	8,20	8,20	8,17	8,14	8,11	9,07	9,00	8,97	8,91	8,85	8,80
19	17,00	10,876	7,70	7,70	7,67	7,64	7,61	8,48	8,42	8,38	8,32	8,26	8,21
20	18,00	10,337	7,33	7,32	7,29	7,26	7,23	8,04	7,98	7,94	7,88	7,82	7,77
21	19,00	9,937	7,04	7,04	7,01	6,98	6,95	7,71	7,65	7,61	7,55	7,50	7,44
22	20,00	9,641	6,84	6,83	6,80	6,76	6,74	7,47	7,40	7,37	7,31	7,25	7,20
23	21,00	9,420	6,68	6,67	6,64	6,61	6,58	7,29	7,22	7,18	7,13	7,07	7,01
24	22,00	9,257	6,56	6,56	6,52	6,49	6,47	7,15	7,08	7,05	6,99	6,93	6,88
25	23,00	9,136	6,48	6,47	6,44	6,40	6,38	7,05	6,98	6,95	6,89	6,83	6,78
26	24,00	9,046	6,41	6,41	6,37	6,34	6,31	6,97	6,91	6,87	6,81	6,76	6,70

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

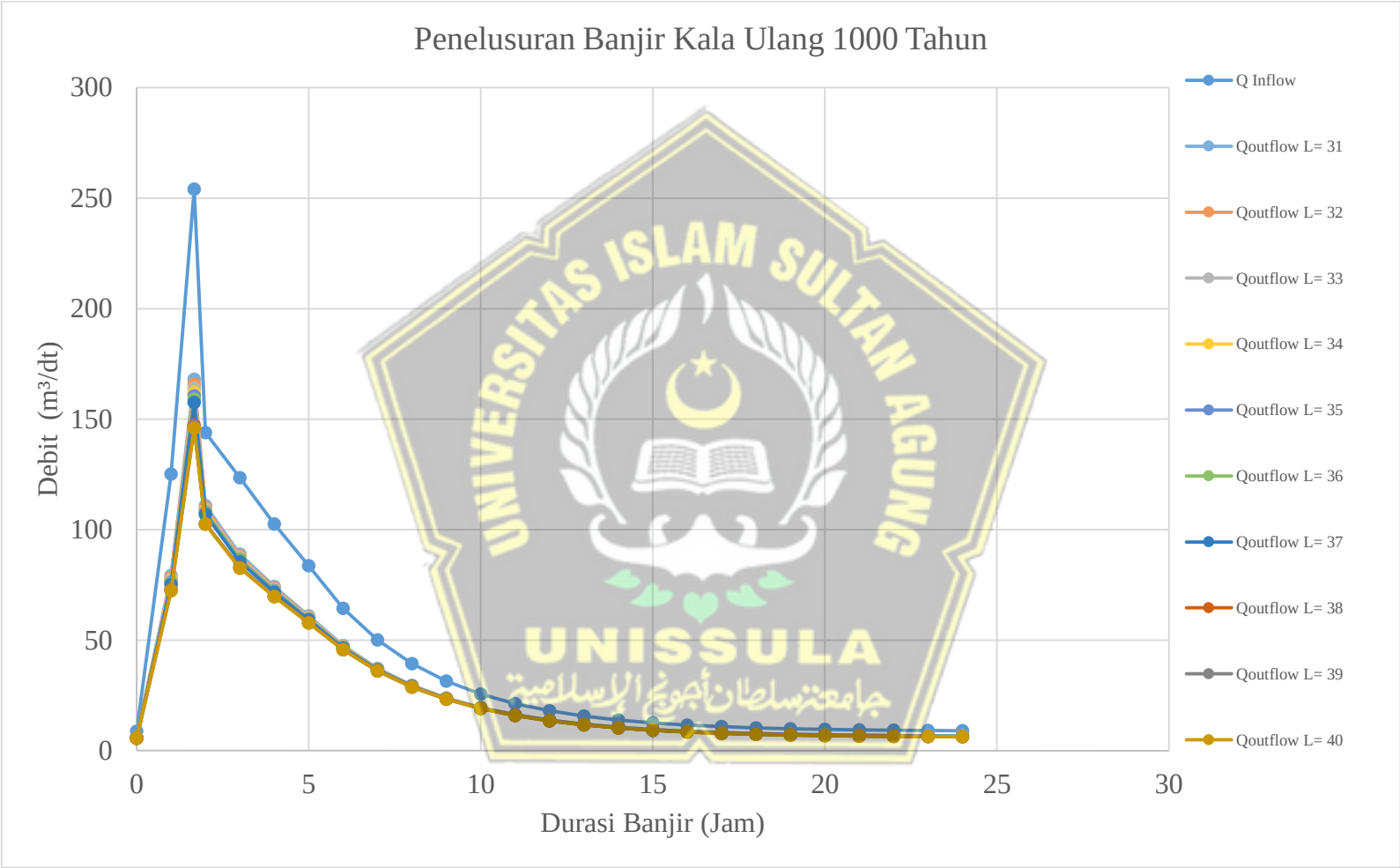


Gambar 4.44 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* II (L: 20 m- 30 m)

Tabel 4.127 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* III (L: 31 m- 40 m)

No	t	Q *Inflow* (Ii)	Q *Outflow*									
			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	jam	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)
1	0,00	8,787	6,05	5,99	5,92	5,87	5,83	5,77	5,71	5,65	5,61	5,55
2	1,00	125,155	79,23	78,37	77,58	76,86	76,32	75,71	75,15	72,99	72,72	72,37
3	1,67	254,092	168,10	165,92	163,91	162,06	160,57	158,99	157,53	147,25	146,67	145,94
4	2,00	143,873	110,86	109,96	109,16	108,44	107,95	107,38	106,86	102,70	102,62	102,42
5	3,00	123,539	88,94	88,17	87,48	86,86	86,44	85,94	85,49	82,86	82,73	82,51
6	4,00	102,512	74,22	73,65	73,13	72,67	72,38	72,01	71,68	69,91	69,83	69,67
7	5,00	83,709	60,92	60,50	60,13	59,80	59,61	59,35	59,12	57,96	57,92	57,81
8	6,00	64,385	47,50	47,23	46,99	46,78	46,68	46,52	46,38	45,71	45,71	45,65
9	7,00	50,046	37,18	37,00	36,85	36,71	36,66	36,56	36,47	36,07	36,09	36,05
10	8,00	39,404	29,52	29,39	29,29	29,19	29,17	29,10	29,04	28,80	28,82	28,79
11	9,00	31,507	23,79	23,70	23,62	23,55	23,54	23,49	23,45	23,29	23,31	23,29
12	10,00	25,647	19,49	19,42	19,36	19,31	19,30	19,26	19,22	19,11	19,13	19,11
13	11,00	21,299	16,26	16,20	16,15	16,10	16,10	16,06	16,02	15,94	15,95	15,92
14	12,00	18,072	13,82	13,77	13,72	13,68	13,67	13,63	13,60	13,53	13,53	13,50
15	13,00	15,677	11,99	11,93	11,89	11,84	11,83	11,79	11,76	11,70	11,69	11,66
16	14,00	13,900	10,60	10,55	10,50	10,46	10,45	10,41	10,37	10,31	10,30	10,27
17	15,00	12,581	9,56	9,51	9,46	9,41	9,40	9,36	9,32	9,26	9,25	9,21
18	16,00	11,603	8,77	8,72	8,67	8,63	8,61	8,57	8,52	8,47	8,45	8,41
19	17,00	10,876	8,18	8,13	8,09	8,04	8,02	7,97	7,93	7,88	7,86	7,82
20	18,00	10,337	7,74	7,69	7,64	7,60	7,57	7,53	7,48	7,43	7,41	7,37
21	19,00	9,937	7,41	7,36	7,31	7,27	7,24	7,20	7,15	7,10	7,07	7,03
22	20,00	9,641	7,17	7,12	7,07	7,02	6,99	6,95	6,90	6,85	6,82	6,78
23	21,00	9,420	6,99	6,93	6,88	6,84	6,81	6,76	6,72	6,66	6,64	6,59
24	22,00	9,257	6,85	6,80	6,75	6,70	6,67	6,62	6,58	6,52	6,50	6,45
25	23,00	9,136	6,75	6,70	6,65	6,60	6,57	6,52	6,47	6,42	6,39	6,35
26	24,00	9,046	6,67	6,62	6,57	6,52	6,49	6,45	6,40	6,34	6,32	6,27

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

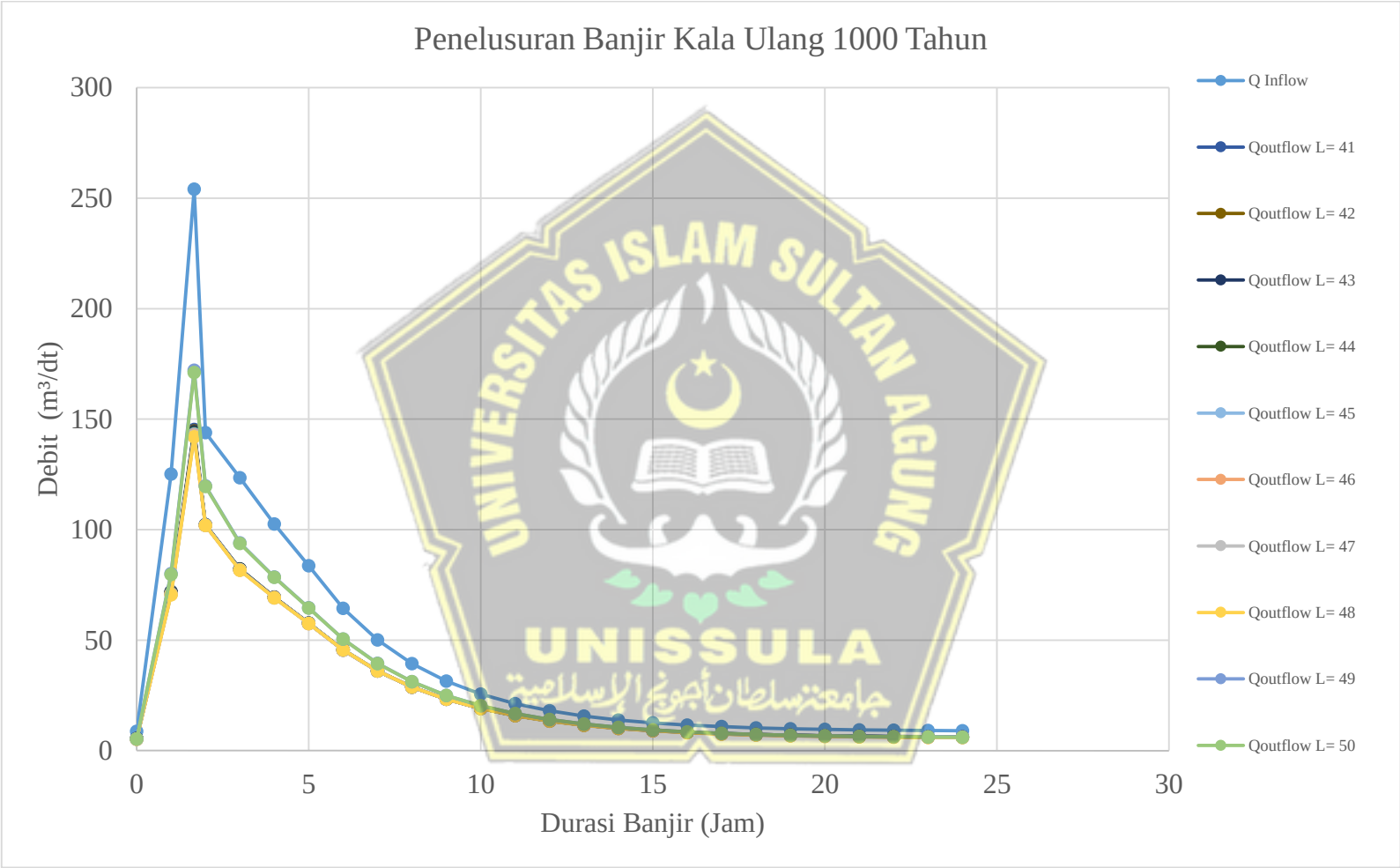


Gambar 4.45 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* III (L:31 m- 40 m)

Tabel 4.128 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* VI (L: 41 m- 50 m)

No	t	Q *Inflow*	Q *Outflow*									
		(Ii)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	jam	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)
1	0,00	8,787	5,49	5,44	5,40	5,34	5,28	5,23	5,17	5,11	5,30	5,25
2	1,00	125,155	72,04	71,73	71,56	71,30	71,07	70,85	70,65	70,46	80,04	79,71
3	1,67	254,092	145,27	144,64	144,25	143,72	143,22	142,76	142,34	141,95	172,08	171,11
4	2,00	143,873	102,25	102,11	102,15	102,06	102,01	101,97	101,96	101,97	119,77	119,54
5	3,00	123,539	82,31	82,13	82,10	81,98	81,87	81,78	81,71	81,66	94,01	93,80
6	4,00	102,512	69,52	69,40	69,41	69,32	69,26	69,20	69,17	69,14	78,61	78,48
7	5,00	83,709	57,71	57,63	57,66	57,61	57,57	57,54	57,53	57,52	64,59	64,52
8	6,00	64,385	45,59	45,55	45,60	45,58	45,57	45,56	45,57	45,58	50,48	50,45
9	7,00	50,046	36,02	36,00	36,04	36,03	36,03	36,03	36,04	36,05	39,45	39,44
10	8,00	39,404	28,77	28,76	28,80	28,79	28,79	28,79	28,79	28,80	31,20	31,20
11	9,00	31,507	23,27	23,26	23,29	23,28	23,27	23,27	23,27	23,27	25,00	25,01
12	10,00	25,647	19,09	19,07	19,09	19,08	19,07	19,06	19,05	19,05	20,33	20,33
13	11,00	21,299	15,90	15,88	15,90	15,88	15,86	15,85	15,83	15,82	16,79	16,78
14	12,00	18,072	13,48	13,45	13,46	13,43	13,41	13,39	13,37	13,35	14,11	14,10
15	13,00	15,677	11,63	11,60	11,60	11,57	11,55	11,52	11,49	11,47	12,08	12,06
16	14,00	13,900	10,23	10,20	10,19	10,16	10,13	10,10	10,07	10,04	10,54	10,52
17	15,00	12,581	9,17	9,14	9,13	9,09	9,06	9,02	8,99	8,95	9,38	9,36
18	16,00	11,603	8,38	8,34	8,32	8,28	8,25	8,21	8,17	8,13	8,51	8,48
19	17,00	10,876	7,77	7,73	7,72	7,67	7,63	7,59	7,56	7,52	7,85	7,82
20	18,00	10,337	7,32	7,28	7,26	7,22	7,18	7,13	7,09	7,05	7,36	7,33
21	19,00	9,937	6,99	6,94	6,92	6,88	6,83	6,79	6,75	6,70	6,99	6,96
22	20,00	9,641	6,73	6,69	6,66	6,62	6,58	6,53	6,49	6,44	6,71	6,68
23	21,00	9,420	6,55	6,50	6,47	6,43	6,38	6,34	6,29	6,25	6,51	6,47
24	22,00	9,257	6,40	6,36	6,33	6,29	6,24	6,20	6,15	6,11	6,36	6,32
25	23,00	9,136	6,30	6,25	6,23	6,18	6,14	6,09	6,04	6,00	6,24	6,21
26	24,00	9,046	6,22	6,18	6,15	6,10	6,06	6,01	5,96	5,92	6,16	6,12

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

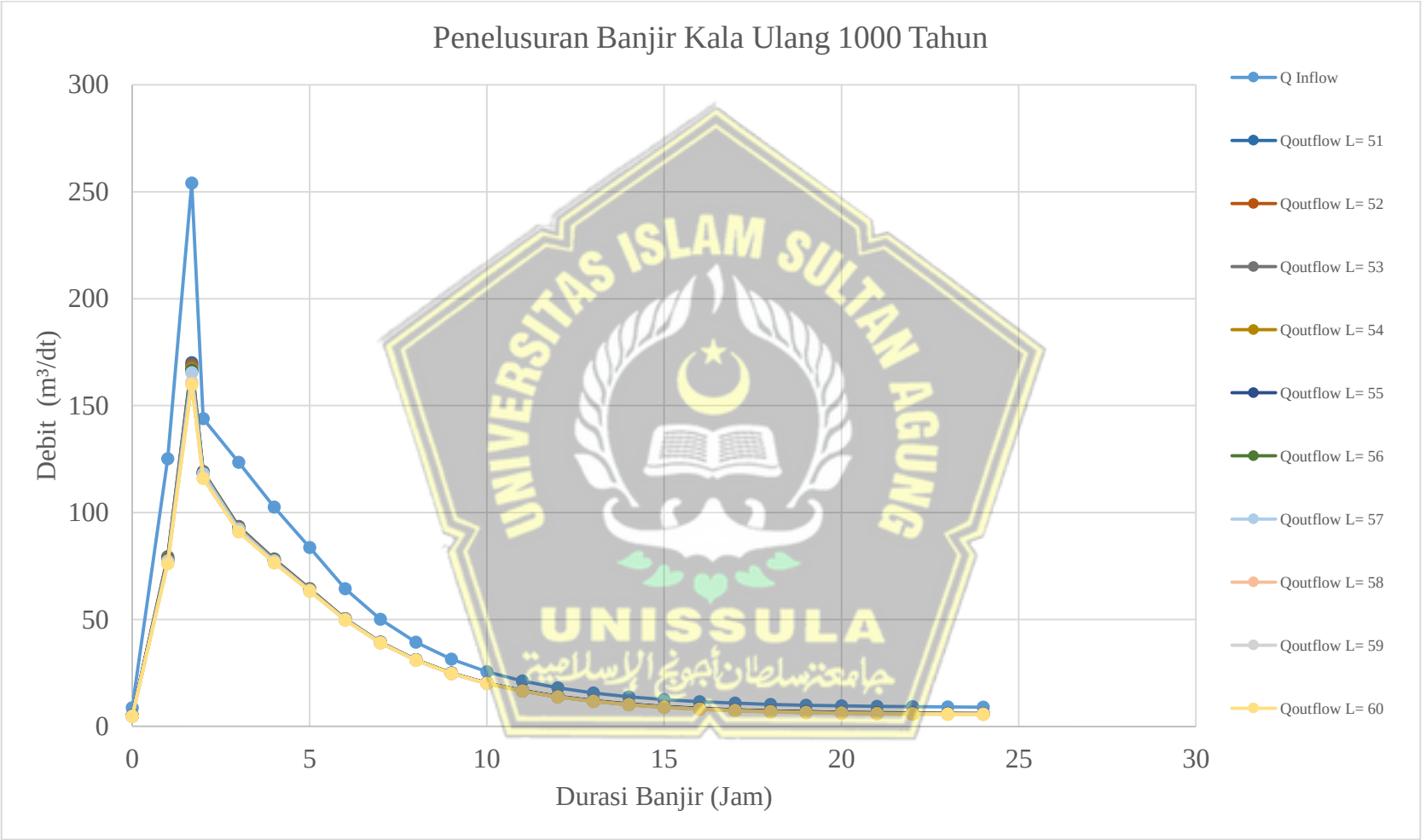


Gambar 4.46 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* IV (L: 41 m- 50 m)

Tabel 4.129 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* V (L: 51 m- 60 m)

No	t	Q *Inflow*	Q *Outflow*									
		(Ii)	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	jam	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)
1	0,00	8,787	5,19	5,13	5,06	5,00	4,93	4,87	4,81	4,74	4,68	4,61
2	1,00	125,155	79,30	78,93	78,57	78,24	77,92	77,69	77,41	76,47	76,24	76,03
3	1,67	254,092	170,04	169,02	168,07	167,17	166,32	166,17	165,39	160,86	160,29	159,75
4	2,00	143,873	119,21	118,92	118,65	118,41	118,20	118,25	118,08	116,15	116,08	116,02
5	3,00	123,539	93,50	93,22	92,97	92,75	92,54	92,46	92,29	91,12	91,01	90,92
6	4,00	102,512	78,27	78,07	77,90	77,74	77,60	77,54	77,43	76,65	76,58	76,53
7	5,00	83,709	64,37	64,24	64,13	64,02	63,93	63,89	63,82	63,32	63,28	63,25
8	6,00	64,385	50,37	50,29	50,23	50,17	50,12	50,10	50,06	49,78	49,77	49,76
9	7,00	50,046	39,38	39,34	39,29	39,26	39,23	39,21	39,19	39,03	39,02	39,02
10	8,00	39,404	31,16	31,13	31,09	31,07	31,04	31,03	31,01	30,91	30,90	30,90
11	9,00	31,507	24,97	24,94	24,91	24,89	24,86	24,85	24,83	24,76	24,75	24,74
12	10,00	25,647	20,29	20,26	20,23	20,21	20,18	20,16	20,14	20,08	20,06	20,05
13	11,00	21,299	16,75	16,71	16,68	16,65	16,62	16,60	16,57	16,52	16,50	16,47
14	12,00	18,072	14,06	14,02	13,99	13,95	13,92	13,89	13,86	13,81	13,78	13,75
15	13,00	15,677	12,02	11,98	11,94	11,90	11,87	11,83	11,79	11,75	11,71	11,68
16	14,00	13,900	10,48	10,43	10,39	10,35	10,31	10,27	10,23	10,18	10,14	10,10
17	15,00	12,581	9,31	9,26	9,22	9,18	9,13	9,09	9,05	9,00	8,95	8,91
18	16,00	11,603	8,43	8,38	8,34	8,29	8,24	8,20	8,15	8,10	8,06	8,01
19	17,00	10,876	7,77	7,72	7,67	7,62	7,58	7,53	7,48	7,43	7,38	7,33
20	18,00	10,337	7,27	7,22	7,17	7,12	7,08	7,03	6,98	6,92	6,87	6,82
21	19,00	9,937	6,90	6,85	6,80	6,75	6,70	6,65	6,60	6,54	6,49	6,44
22	20,00	9,641	6,63	6,57	6,52	6,47	6,42	6,37	6,32	6,26	6,21	6,16
23	21,00	9,420	6,42	6,37	6,32	6,26	6,21	6,16	6,11	6,05	6,00	5,95
24	22,00	9,257	6,27	6,21	6,16	6,11	6,05	6,00	5,95	5,89	5,84	5,79
25	23,00	9,136	6,15	6,10	6,05	5,99	5,94	5,89	5,83	5,78	5,72	5,67
26	24,00	9,046	6,07	6,01	5,96	5,91	5,85	5,80	5,75	5,69	5,64	5,58

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

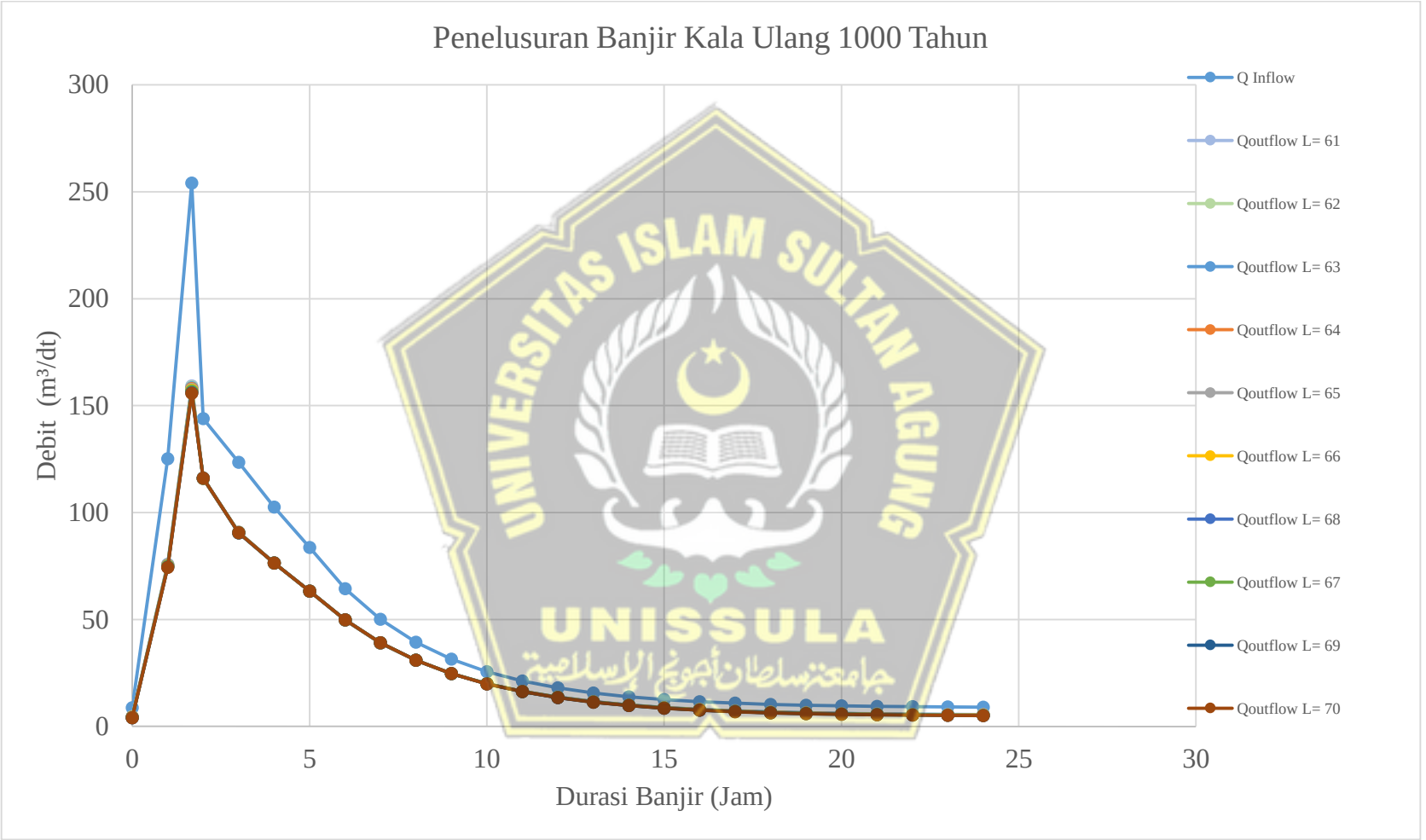


Gambar 4.47 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* V (L: 51 m- 60 m)

Tabel 4.130 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* VI (L: 61 m- 70 m)

No	t	Q *Inflow*	Q *Outflow*									
		(Ii)	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	jam	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)	(m^3/dt)
1	0,00	8,787	4,55	4,48	4,42	4,36	4,29	4,23	4,16	4,10	4,02	3,96
2	1,00	125,155	75,83	75,64	75,46	75,29	75,14	74,99	74,85	74,72	74,52	74,40
3	1,67	254,092	159,25	158,78	158,34	157,92	157,53	157,17	156,83	156,51	156,07	155,79
4	2,00	143,873	115,98	115,95	115,94	115,94	115,96	115,99	116,04	116,09	116,05	116,12
5	3,00	123,539	90,84	90,77	90,71	90,67	90,63	90,61	90,59	90,59	90,50	90,51
6	4,00	102,512	76,48	76,45	76,42	76,40	76,39	76,39	76,40	76,41	76,35	76,38
7	5,00	83,709	63,23	63,22	63,21	63,21	63,21	63,22	63,24	63,26	63,22	63,25
8	6,00	64,385	49,76	49,76	49,77	49,78	49,79	49,81	49,84	49,86	49,84	49,87
9	7,00	50,046	39,02	39,02	39,03	39,04	39,05	39,06	39,08	39,10	39,07	39,09
10	8,00	39,404	30,89	30,89	30,89	30,90	30,90	30,91	30,91	30,92	30,89	30,91
11	9,00	31,507	24,73	24,72	24,71	24,71	24,70	24,70	24,70	24,70	24,66	24,66
12	10,00	25,647	20,03	20,01	20,00	19,99	19,97	19,96	19,95	19,94	19,90	19,89
13	11,00	21,299	16,45	16,43	16,41	16,38	16,36	16,34	16,32	16,30	16,26	16,24
14	12,00	18,072	13,72	13,69	13,66	13,64	13,61	13,58	13,55	13,53	13,48	13,45
15	13,00	15,677	11,64	11,61	11,57	11,54	11,51	11,47	11,44	11,41	11,36	11,32
16	14,00	13,900	10,06	10,03	9,99	9,95	9,91	9,87	9,83	9,80	9,74	9,70
17	15,00	12,581	8,87	8,83	8,78	8,74	8,70	8,66	8,62	8,58	8,52	8,47
18	16,00	11,603	7,97	7,92	7,88	7,83	7,79	7,74	7,70	7,65	7,59	7,55
19	17,00	10,876	7,29	7,24	7,19	7,14	7,10	7,05	7,00	6,96	6,89	6,85
20	18,00	10,337	6,78	6,73	6,68	6,63	6,58	6,53	6,48	6,43	6,37	6,32
21	19,00	9,937	6,39	6,34	6,29	6,24	6,19	6,14	6,09	6,04	5,98	5,93
22	20,00	9,641	6,11	6,06	6,01	5,95	5,90	5,85	5,80	5,75	5,68	5,63
23	21,00	9,420	5,89	5,84	5,79	5,74	5,69	5,63	5,58	5,53	5,46	5,41
24	22,00	9,257	5,74	5,68	5,63	5,58	5,53	5,47	5,42	5,37	5,30	5,25
25	23,00	9,136	5,62	5,56	5,51	5,46	5,41	5,35	5,30	5,25	5,18	5,13
26	24,00	9,046	5,53	5,48	5,42	5,37	5,32	5,26	5,21	5,16	5,09	5,03

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.48 Hasil Analisa Q *Inflow* dan Q *Outflow* VI (L: 61 m- 70 m)

4.10 Analisa Teknis Bangunan Pelimpah

Bangunan pelimpah merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk mengendalikan pelepasan air banjir dari bendungan menuju ke hilir agar tidak membahayakan keamanan tubuh bendungan. Pada perencanaan bangunan pelimpah Bendungan Rangunting digunakan debit rencana Q_{in} sebesar 254,092 m^3/detik dan Q_{out} yang melalui pelimpah sebesar 145,94 m^3/detik.

Bangunan pelimpah yang direncanakan meliputi penampang mercu pelimpah, saluran transisi, saluran peluncur, dan bangunan peredam energi.

4.10.1 Mercu Bangunan Pelimpah

Terdapat tahap-tahap analisa dalam merencanakan penampang mercu pelimpah. Tahapan analisa yang dilakukan meliputi perhitungan kedalaman saluran pengarah, perhitungan kedalaman beserta kecepatan limpasan air, dan perhitungan penampang mercu pelimpah samping.

4.10.1.1. Kedalaman saluran pengarah

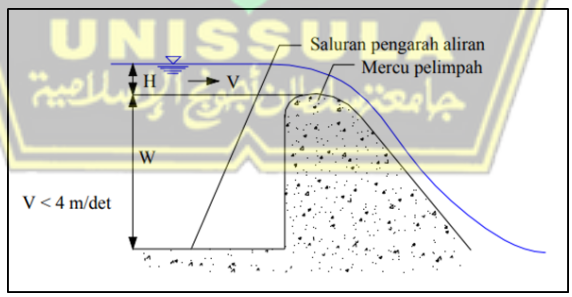
Dari analisis data sebelumnya didapat data sebagai berikut:

Elevasi mercu *spillway* : 94,27 m

Ketinggian air diatas mercu (H) : 2,09 m, elevasi 96,36 m

Q_{out} yang melewati *spillway* (Q) : 145,94 m^3/detik

Lebar ambang mercu *spillway* : 40 m



Gambar 4.49 Kedalaman saluran pengarah aliran terhadap puncak mercu (Sumber: Sosrodarsono, 1976)

Maka:

$W \geq \frac{1}{5} H$ (Sosrodarsono, 1976)

$W = \frac{1}{5} \times 2{,}09$

$= 0{,}418$ m

Jadi dipakai W = 3 m

4.10.1.2. Kedalaman dan kecepatan aliran saluran pengarah

Digunakan tipe puncak pelimpah *Ogee*, dari analisa data sebelumnya didapat hasil perhitungan sebagai berikut:

Q_{out} yang melewati *spillway* (Q) : 145,94 m^3/detik

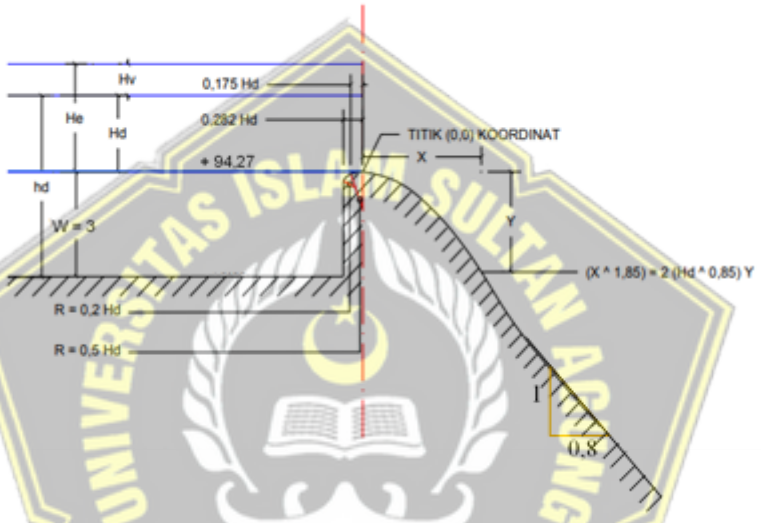
Lebar mercu bendungan (L) : 40 m

Tinggi tekanan air diatas mercu (H) : 2,09 m

Lebar ambang mercu *spillway* (B_{ef}) : B : 40 m

Kedalaman saluran pengarah (W) : P : 3 m

Rencana kemiringan pelimpah (Z) : 1: 0,8



Gambar 4.50 Skema aliran air melintasi sebuah pelimpah

1. Kedalaman aliran di atas ambang pelimpah

Berikut ini merupakan analisa perhitungan Hd dengan *Head* 2,09 m:

$$q = \frac{Qo}{L}$$

$$= \frac{145,94}{40}$$

$$= 3,65 \quad m$$

$$Va = \frac{q}{P+Ho}$$

$$= \frac{3,65}{3+2,09}$$

$$= 0,72 \quad m/dt$$

$$ha = \frac{q^2}{2 \times g \times ((P+Ho)^2)}$$

$$= \frac{3{,}65^2}{2 \times 9{,}81 \times ((3+2{,}09)^2)}$$

$$= 0{,}026 \quad m$$

$$hd = Ho + ha$$

$$= 2{,}09 + 0{,}026$$

$$= 2{,}12 \quad m$$

Tabel 4.131 Analisa Perhitungan Hd

No	*Head* (Ho) (m)	P (m)	*Qoutflow* (Qo) (m3/dt)	q $\frac{Qo}{L}$ (m)	Va $\frac{q}{P+Ho}$ (m/dt)	ha $\frac{q^2}{2*g*((P+Ho)^2)}$ (m)	hd Ho+ha (m)
1	2,29	3	160,57	4,59	0,87	0,038	2,33
2	2,24	3	158,99	4,42	0,84	0,036	2,28
3	2,20	3	157,53	4,26	0,82	0,034	2,23
4	2,16	3	147,25	3,88	0,75	0,029	2,19
5	2,13	3	146,67	3,76	0,73	0,027	2,16
6	2,09	3	145,94	3,65	0,72	0,026	2,12
7	2,06	3	145,27	3,54	0,70	0,025	2,09
8	2,02	3	144,64	3,44	0,69	0,024	2,04
9	1,99	3	144,25	3,35	0,67	0,023	2,01
10	1,96	3	143,72	3,27	0,66	0,022	1,98
11	1,93	3	143,22	3,18	0,65	0,021	1,95
12	1,91	3	142,76	3,10	0,63	0,020	1,93
13	1,88	3	142,34	3,03	0,62	0,020	1,90
14	1,85	3	141,95	2,96	0,61	0,019	1,87
15	1,83	3	172,08	3,51	0,73	0,027	1,86
16	1,80	3	171,11	3,42	0,71	0,026	1,83
17	1,78	3	170,04	3,33	0,70	0,025	1,80

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Kecepatan pada saluran pengarah

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{hd \times L}$$

$$= \frac{145,94}{2,12 \times 40}$$

$$= 1,72 \text{ m/detik}$$

3. Tinggi kecepatan aliran

$$h_v = \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$= \frac{1,72^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,1515 \text{ m}$$

$$H_e = hd + h_v$$

$$= 2,12 + 0,1515$$

$$= 2,27 \text{ m}$$

4.10.1.3. Analisa penampang mercu pelimpah

Dalam perencanaan mercu *Ogee* digunakan metode yang berdasarkan *Civil Engineering Departement US Army* atau biasa disebut dengan rumus lengkung *Harold* adalah sebagai berikut:

$$X^{1,85} = 2 \times h_d^{0,85} \times Y$$

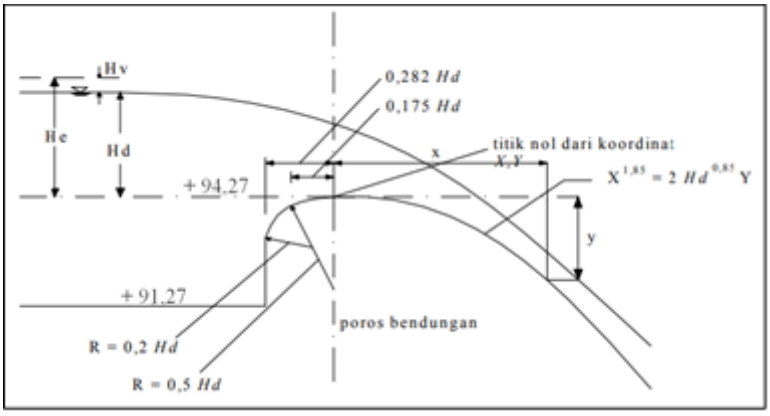
$$Y = \frac{X^{1,85}}{2 \times h_d^{0,85}}$$ (Sosrodarsono, 1976)

Dimana:

X = Jarak horizontal dari titik tertinggi mercu bendung ke titik dipermukaan mercu di sebelah hilir

Y = Jarak vertical dari titik tertinggi mercu bendung ke titik dipermukaan mercu di sebelah hilir

h_d = Tinggi tekanan rencana



Gambar 4.51 Penampang mercu pelimpah

1. Menentukan koordinat lengkung mercu

R1 = 0,5 hd

= 0,5 × 2,12

= 1,06 m

R2 = 0,2 hd

= 0,2 × 2,12

= 0,42 m

X_{hulu1} = 0,175 hd

= 0,175 × 2,12

= 0,37 m

X_{hulu2} = 0,282 hd

= 0,282 × 2,12

= 0,6 m

2. Perhitungan lengkung *Harold*, sebagai berikut:

$X^{1,85}$ = $2 \times h_d^{0,85} \times Y$

= $2 \times 2{,}12^{0,85} \times Y$

= 2×1,89×Y

Y = $0{,}26 \times X^{1,85}$.....(Persamaan 4.1)

Y' = $0{,}49 \times X^{0,85}$ .....(Persamaan 4.2)

3. Perhitungan titik awal melalui gradient

Y’ = $\frac{1}{Z}$

= $\frac{1}{0,8}$

= 1,25

Y' = $0,49 \times X^{0,85}$ .....(Persamaan 4.2)

1,25 = $0,49 \times X^{0,85}$

$X^{0,85}$ = 2,56

X = 3,016 m

Y = $0,26 \times X^{1,85}$.....(Persamaan 4.1)

= $0,26 \times 3,016^{1,85}$

= 2,038 m

Maka titik akhir koordinar kurva yaitu 3,016 : 2,038.

Tabel 4.132 Koordinat Penampang Ambang Pelimpah

Koordinat Lengkung		Elevasi Lengkung
x	y	
0	0	94,270
0,2	0,013	94,257
0,4	0,049	94,221
0,6	0,103	94,167
0,8	0,175	94,095
1,0	0,264	94,006
1,2	0,370	93,900
1,4	0,493	93,777
1,6	0,631	93,639
1,8	0,784	93,486
2,0	0,953	93,317
2,2	1,137	93,133
2,4	1,335	92,935
2,6	1,549	92,721
2,8	1,776	92,494
3,0	2,018	92,252
3,01581	2,038	92,232

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.10.2 Perencanaan Saluran Samping

4.10.2.1. Analisa nilai kombinasi *a* dan *n*

Perhitungan kombinasi *a* dan *n* menggunakan rumus *Julian Hinds*, dengan angka kombinasi yang divariasikan 0,4-0,9. Perhitungan ini dilakukan agar ekonomis dan efesien. Pada perhitungan ini akan digunakan metode coba banding untuk menentukan nilai *a* dan *n*. Berikut titik yang akan ditinjau yaitu:

X_1 = 5 m

X_2 = 30 m

a = 0,4

n = 0,4

$Q_{X1} = \frac{X_1}{L} \times Q_1$

$= \frac{5}{30} \times 145{,}94$

$= 24{,}32\ m^3/dt$

$Q_{X2} = \frac{X_2}{L} \times Q_1$

$= \frac{30}{30} \times 145{,}94$

$= 145{,}94\ m^3/dt$

1. Analisa penampang hulu
   a. Diketahui:

      X_1 = 5 m

      B_1 = 40 m

      Q_{X1} = 24,32 m^3/dt

   b. Analisa perhitungan

      $V_1 = a \times x_1^n$

      $= 0{,}4 \times 5^{0,4}$

      = 0,69 m/dt

$A_1 = \frac{Q_1}{V_1}$

$= \frac{24,32}{0,69}$

$= 34,93\ m^2$

$d_1 = \frac{-b_1+\sqrt{{b_1}^2+2(Z_1+Z_2)A_1}}{Z_1+Z_2}$

$= \frac{-40+\sqrt{40^2+2(0,8+0,5)34,93}}{0,8+0,5}$

$= 0,86$ m

$h_{v1} = \frac{{V_1}^2}{2\times g}$

$= \frac{0,69^2}{2\times 9,81}$

$= 0,025$ m

$y_1 = \left(\frac{n+1}{n}\right) hv_1$

$= \left(\frac{0,4+1}{0,4}\right) 0,025$

$= 0,087$ m

$D_1 = d_1 + y_1$

$= 0,86 + 0,087$

$= 0,95$ m

2. Analisa penampang hilir

   a. Diketahui:

      $X_2 = 30$ m

      $B_2 = 28$ m

      $Q_{X2} = 145,94\ m^3/dt$

   b. Analisa perhitungan

      $V_2 = a \times {x_2}^n$

      $= 0,4 \times 30^{0,4}$

      $= 1,6$ m/dt

$A_2 = \frac{Q_2}{V_2}$

$= \frac{145,94}{1,6}$

$= 91,21\ m^2$

$d_1 = \frac{-b_2+\sqrt{{b_2}^2+2(Z_1+Z_2)A_2}}{Z_1+Z_2}$

$= \frac{-28+\sqrt{28^2+2(0,8+0,5)91,21}}{0,8+0,5}$

$= 3,04$ m

$h_{v2} = \frac{{V_2}^2}{2\times g}$

$= \frac{1,6^2}{2\times 9,81}$

$= 0,13$ m

$y_2 = \left(\frac{n+1}{n}\right) hv_2$

$= \left(\frac{0,4+1}{0,4}\right) 0,13$

$= 0,46$ m

$D_2 = d_2 + y_2$

$= 3,04 + 0,46$

$= 3,5$ m

3. Pembiayaan (P) pada kolom penampang

$P = D_1 + 2\ D_2$

$= 0,95 + (2\times 3,5)$

$= 7,95$ m

Dari perhitungan pada tabel 4.133 dan tabel 4.134. didapatkan nilai *a* = 0,4 dan nilai *n* = 0,6.

Tabel 4.133 Perhitungan Kombinasi *a* dan *n* (0,4-0,6)

n	*a*	X_1 = 5 m						X_2 =30 m							P = D_1+ 2D_2
		v	A	d_1	hv_1	y_1	D_1	v	A	d_2	hv_2	y_2	D_2	2D_2	
0,4	0,4	0,70	34,93	0,86	0,02	0,09	0,95	1,60	91,21	3,04	0,13	0,46	3,50	7,00	7,95
0,4	0,5	0,87	27,94	0,69	0,04	0,14	0,83	2,00	72,97	2,47	0,20	0,71	3,18	6,36	7,18
0,4	0,6	1,04	23,28	0,58	0,06	0,19	0,77	2,40	60,81	2,07	0,29	1,03	3,10	6,20	6,97
0,4	0,7	1,22	19,96	0,49	0,08	0,26	0,76	2,80	52,12	1,79	0,40	1,40	3,19	6,37	7,13
0,4	0,8	1,39	17,46	0,43	0,10	0,35	0,78	3,20	45,61	1,57	0,52	1,83	3,40	6,80	7,58
0,4	0,9	1,57	15,52	0,39	0,13	0,44	0,82	3,60	40,54	1,40	0,66	2,31	3,71	7,43	8,25
0,5	0,4	0,80	30,40	0,75	0,03	0,10	0,85	2,26	64,50	2,19	0,26	0,78	2,97	5,95	6,80
0,5	0,5	1,00	24,32	0,60	0,05	0,15	0,76	2,83	51,60	1,77	0,41	1,22	2,99	5,99	6,74
0,5	0,6	1,20	20,27	0,50	0,07	0,22	0,72	3,39	43,00	1,48	0,59	1,76	3,25	6,49	7,21
0,5	0,7	1,40	17,37	0,43	0,10	0,30	0,73	3,96	36,86	1,28	0,80	2,40	3,68	7,35	8,08
0,5	0,8	1,60	15,20	0,38	0,13	0,39	0,77	4,53	32,25	1,12	1,04	3,13	4,25	8,51	9,28
0,5	0,9	1,80	13,51	0,34	0,17	0,50	0,83	5,09	28,67	1,00	1,32	3,96	4,96	9,93	10,76
0,6	0,4	0,92	26,47	0,65	0,04	0,11	0,77	3,20	45,61	1,57	0,52	1,39	2,96	5,93	6,70
0,6	0,5	1,15	21,17	0,52	0,07	0,18	0,70	4,00	36,49	1,27	0,82	2,17	3,44	6,88	7,59
0,6	0,6	1,38	17,65	0,44	0,10	0,26	0,70	4,80	30,40	1,06	1,17	3,13	4,19	8,38	9,08
0,6	0,7	1,61	15,12	0,38	0,13	0,35	0,73	5,60	26,06	0,91	1,60	4,26	5,17	10,35	11,07
0,6	0,8	1,84	13,23	0,33	0,17	0,46	0,79	6,40	22,80	0,80	2,09	5,57	6,37	12,73	13,52
0,6	0,9	2,07	11,76	0,29	0,22	0,58	0,87	7,20	20,27	0,71	2,64	7,05	7,76	15,52	16,39

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.134 Perhitungan Kombinasi *a* dan *n* (0,7-0,9)

n	*a*	X_1 = 5 m						X_2 =30 m							P = D_1+ 2D_2
		v	A	d_1	hv_1	y_1	D_1	v	A	d_2	hv_2	y_2	D_2	2D_2	
0,7	0,4	1,06	23,04	0,57	0,06	0,14	0,71	4,53	32,25	1,12	1,04	2,54	3,66	7,32	8,02
0,7	0,5	1,32	18,43	0,46	0,09	0,22	0,67	5,66	25,80	0,90	1,63	3,96	4,86	9,73	10,40
0,7	0,6	1,58	15,36	0,38	0,13	0,31	0,69	6,79	21,50	0,75	2,35	5,70	6,46	12,92	13,61
0,7	0,7	1,85	13,17	0,33	0,17	0,42	0,75	7,92	18,43	0,65	3,20	7,76	8,41	16,82	17,57
0,7	0,8	2,11	11,52	0,29	0,23	0,55	0,84	9,05	16,12	0,57	4,18	10,14	10,71	21,42	22,26
0,7	0,9	2,38	10,24	0,25	0,29	0,70	0,95	10,18	14,33	0,51	5,28	12,83	13,34	26,68	27,63
0,8	0,4	1,21	20,06	0,50	0,07	0,17	0,67	6,40	22,80	0,80	2,09	4,70	5,50	10,99	11,66
0,8	0,5	1,52	16,05	0,40	0,12	0,26	0,66	8,00	18,24	0,64	3,26	7,34	7,98	15,96	16,62
0,8	0,6	1,82	13,37	0,33	0,17	0,38	0,71	9,60	15,20	0,54	4,70	10,57	11,11	22,21	22,92
0,8	0,7	2,12	11,46	0,29	0,23	0,52	0,80	11,20	13,03	0,46	6,39	14,39	14,85	29,69	30,49
0,8	0,8	2,43	10,03	0,25	0,30	0,67	0,92	12,80	11,40	0,40	8,35	18,79	19,19	38,38	39,31
0,8	0,9	2,73	8,92	0,22	0,38	0,85	1,08	14,40	10,13	0,36	10,57	23,78	24,14	48,28	49,35
0,9	0,4	1,39	17,46	0,43	0,10	0,21	0,64	9,05	16,12	0,57	4,18	8,81	9,38	18,77	19,41
0,9	0,5	1,74	13,97	0,35	0,15	0,33	0,67	11,31	12,90	0,46	6,52	13,77	14,23	28,46	29,13
0,9	0,6	2,09	11,64	0,29	0,22	0,47	0,76	13,58	10,75	0,38	9,39	19,83	20,21	40,43	41,19
0,9	0,7	2,44	9,98	0,25	0,30	0,64	0,89	15,84	9,21	0,33	12,79	26,99	27,32	54,64	55,53
0,9	0,8	2,79	8,73	0,22	0,40	0,84	1,05	18,10	8,06	0,29	16,70	35,26	35,54	71,09	72,14
0,9	0,9	3,13	7,76	0,19	0,50	1,06	1,25	20,36	7,17	0,25	21,14	44,62	44,88	89,76	91,01

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.10.2.2. Perhitungan penyesuaian bentuk dasar saluran samping

Dari perhitungan kombinasi angka kofisien, selanjutnya dilakukan perhitungan analisa untuk menentukan bentuk dasar saluran samping. Akibat gesekan secara kasar terjadi kehilangan energi yang dapat dihitung dengan rumus *manning* dengan mengambil koefisien kekasaran, n = 0,014 (beton). Berikut contoh perhitungan dasar saluran samping untuk x (jarak antar titik) 2 m:

V = $a \times x^n$

= $0{,}4 \times 2^{0{,}6}$

= 0,61 m/dt

Q = $q \times x$

= $4{,}86 \times 2$

= 9,73 m^3/dt

A = $\frac{Q}{V}$

= $\frac{9{,}73}{0{,}61}$

= 16,05 m^2

d = $\frac{-b+\sqrt{b^2+2(Z_1+Z_2)A}}{Z_1+Z_2}$

= $\frac{-39{,}2+\sqrt{39{,}2^2+2(0{,}8+0{,}5)\ 16{,}05}}{0{,}8+0{,}5}$

= 0,41 m

p = $b + \left(\sqrt{(1+{Z_1}^2)} + \sqrt{(1+{Z_2}^2)}\right) \times d$

= $39{,}2 + \left(\sqrt{(1+0{,}8^2)} + \sqrt{(1+0{,}5^2)}\right) \times 0{,}41$

= 40,18 m

$$R = \frac{A}{P}$$
$$= \frac{16,05}{40,18}$$
$$= 0,4 \text{ m}$$

$$\bar{R} = \frac{R_{i-1}+R_i}{2}$$
$$= \frac{0+0,4}{2}$$
$$= 0,2 \text{ m}$$

$$\Delta x = x_i - x_{i-1}$$
$$= 2 - 0$$
$$= 2 \text{ m}$$

$$\bar{V} = \frac{V_{i-1}+V}{2}$$
$$= \frac{0+0,61}{2}$$
$$= 0,3 \text{ m}$$

$$S_f = \left(\frac{n \times \bar{V}}{\bar{R}^{\frac{2}{3}}}\right)^2$$
$$= \left(\frac{0,014 \times 0,3}{0,2^{\frac{2}{3}}}\right)^2$$
$$= 0,000154$$

$$h_f = Sf \times \Delta x$$
$$= 0,000154 \times 2$$
$$= 0,00031$$

$h_v = \frac{V^2}{2 \times g}$

$= \frac{0{,}61^2}{2 \times 9{,}81}$

$= 0{,}019$

$y = \left(\frac{n+1}{n}\right) hv$

$= \left(\frac{0{,}6+1}{0{,}6}\right) 0{,}19$

$= 0{,}06$ m

$D = d + y$

$= 0{,}41 + 0{,}06$

$= 0{,}46$ m

$D + h_f = 0{,}46 + 0{,}00031$

$= 0{,}46$ m

Maka, el. Dasar teoritis = El. Mercu akhir – $(D + h_f)$

$= 94{,}27 - 0{,}46$

$= 93{,}81$ m

Tabel 4.136 Perhitungan Bentuk Dasar Saluran Samping

No	x m	b m	V m/det	Q m3/det	A m2	D m	hv m	y m	D m	P m	R m	Rrata" m	Δx m	Vrata" m	Sf	hf m	D+hf m	El. Dasar Teoritis
1	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94,27
2	2	39,2	0,61	9,73	16,05	0,41	0,02	0,06	0,46	40,18	0,40	0,20	2	0,30	0,000154	0,00031	0,46	93,81
3	4	38,4	0,92	19,46	21,17	0,55	0,05	0,13	0,68	39,71	0,53	0,47	2	0,76	0,000315	0,00063	0,68	93,59
4	6	37,6	1,17	29,19	24,90	0,65	0,08	0,21	0,87	39,17	0,64	0,58	2	1,05	0,000438	0,00088	0,87	93,40
5	8	36,8	1,39	38,92	27,94	0,75	0,11	0,30	1,05	38,60	0,72	0,68	2	1,28	0,000539	0,00108	1,05	93,22
6	10	36	1,59	48,65	30,55	0,84	0,15	0,40	1,23	38,01	0,80	0,76	2	1,49	0,000625	0,00125	1,23	93,04
7	12	35,2	1,78	58,38	32,86	0,92	0,18	0,49	1,41	37,40	0,88	0,84	2	1,68	0,000700	0,00140	1,41	92,86
8	14	34,4	1,95	68,11	34,95	1,00	0,22	0,59	1,59	36,79	0,95	0,91	2	1,86	0,000766	0,00153	1,59	92,68
9	16	33,6	2,11	77,83	36,87	1,07	0,26	0,70	1,77	36,18	1,02	0,98	2	2,03	0,000825	0,00165	1,77	92,50
10	18	32,8	2,27	87,56	38,65	1,15	0,30	0,80	1,95	35,56	1,09	1,05	2	2,19	0,000876	0,00175	1,95	92,31
11	20	32	2,41	97,29	40,31	1,23	0,34	0,91	2,14	34,95	1,15	1,12	2	2,34	0,000922	0,00184	2,14	92,13
12	22	31,2	2,56	107,02	41,88	1,31	0,38	1,02	2,33	34,33	1,22	1,19	2	2,48	0,000963	0,00193	2,33	91,94
13	24	30,4	2,69	116,75	43,36	1,39	0,42	1,13	2,52	33,72	1,29	1,25	2	2,62	0,001000	0,00200	2,52	91,75
14	26	29,6	2,83	126,48	44,77	1,47	0,47	1,25	2,71	33,11	1,35	1,32	2	2,76	0,001032	0,00206	2,71	91,56
15	28	28,8	2,95	136,21	46,12	1,55	0,51	1,36	2,91	32,51	1,42	1,39	2	2,89	0,001060	0,00212	2,91	91,36
16	30	28	3,08	145,94	47,41	1,63	0,56	1,48	3,11	31,91	1,49	1,45	2	3,02	0,001084	0,00217	3,11	91,16

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari hasil perhitungan teoritis membentuk penampang memanjang dasar saluran samping yang dapat dilihat pada gambar 4.52 berupa garis lengkung, sehingga pada pelaksanaan konstruksinya akan cukup sulit. Maka untuk menghindari kesulitan tersebut bentuk penampang memanjang dasar saluran harus disesuaikan dengan mengubahnya menjadi garis yang lurus.

Penyesuaian dilakukan dengan menghubungkan ujung hilir garis lengkung dengan titik letaknya ⅓ hingga ⅒ dari panjang pelimpah dan diukur mulai dari ujung garis lengkung tersebut.

$\frac{1}{3}$×L = $\frac{1}{3}$×30 m

= 10 m

$\frac{1}{10}$×L = $\frac{1}{10}$×30 m

= 3 m

Diambil pada titik ke-6 (x= 10 m) dan ke-16 (x= 30 m), sehingga garis lurus yang menghubungkan titik ke-6 dan titik ke-16 merupakan dasar saluran yang sesungguhnya. Berikut contoh perhitungan garis lurus dasar saluran samping:

1. Diketahui

   Jarak antara titik ke-16 dan titik ke-6 (X) = 20 m

   Perbedaan elevasi titik ke-13 dan titik ke-6 (Y) = 1,88 m

   Interval antar pias (ΔL) = 2 m

2. Jumlah pias (N)

   N = $\frac{X}{\Delta L}$

   = $\frac{20}{2}$

   = 10

3. Interval antar pias vertical (A)

   A = $\frac{Y}{N}$

   = $\frac{1,88}{10}$

   = 0,188 m

4. El. Dasar rencana titik ke-15 (x = 28 m)

$\text{El Dasar}_{(x:28\ m)}$ = el. Dasar teoritis Titik ke-16 + A

= 91,16+0,188

= 91,36 m

$$\text{Slope} = \frac{(\text{El.Dasar rencana Titik 1} - \text{El.Dasar rencana Titik 16})}{L}$$

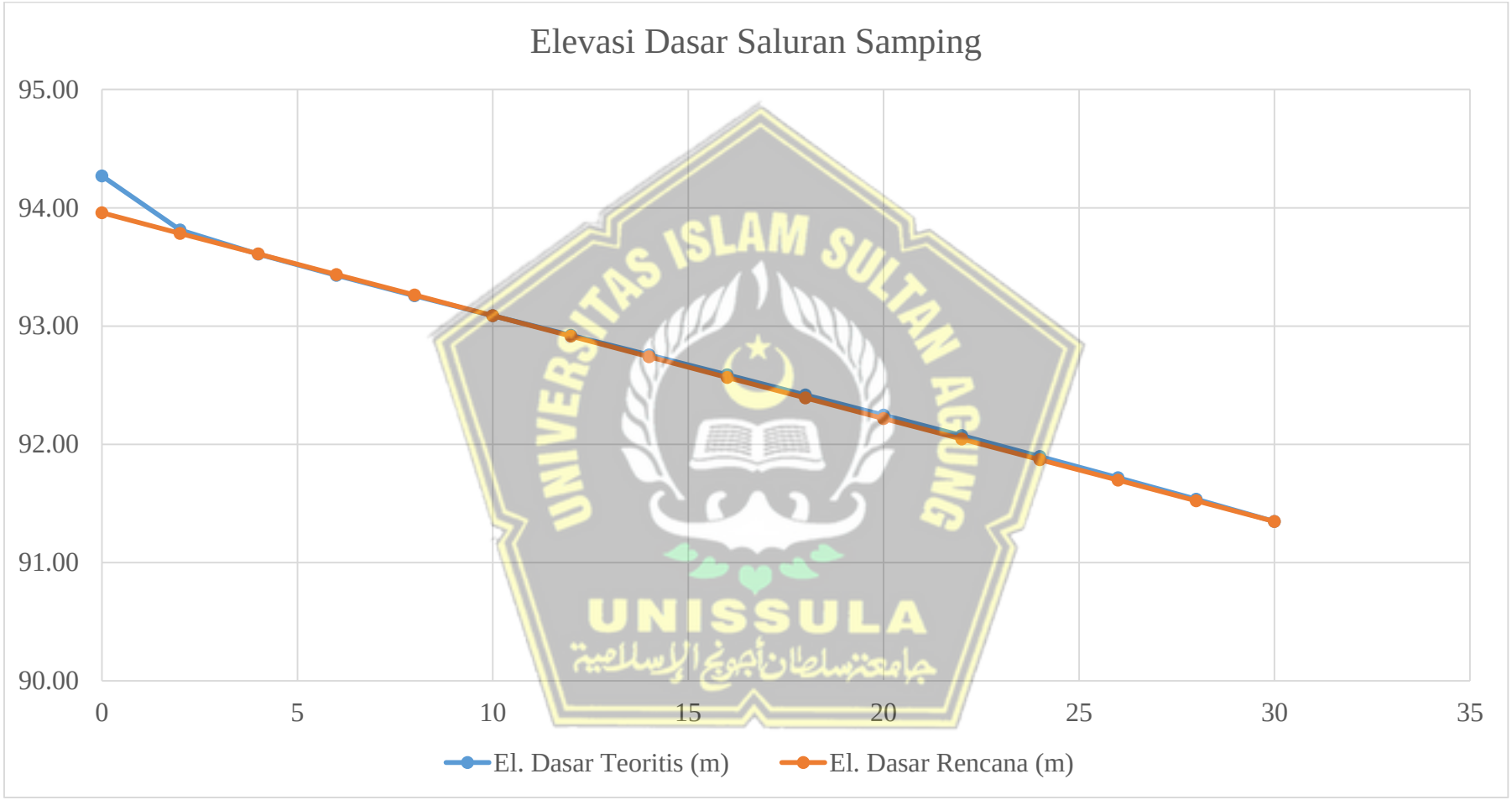
$$= \frac{(93{,}96 - 91{,}35)}{30}$$

= 0,087

Tabel 4.137 Rekapitulasi Elevasi Dasar Saluran Samping

No	X (m)	El. Dasar Teoritis (m)	El. Dasar Rencana (m)
1	1	0	94,27
2	2	2	93,81
3	3	4	93,59
4	4	6	93,40
5	5	8	93,22
6	6	10	93,04
7	7	12	92,86
8	8	14	92,68
9	9	16	92,50
10	10	18	92,31
11	11	20	92,13
12	12	22	91,94
13	13	24	91,75
14	14	26	91,56
15	15	28	91,36
16	16	30	91,16

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



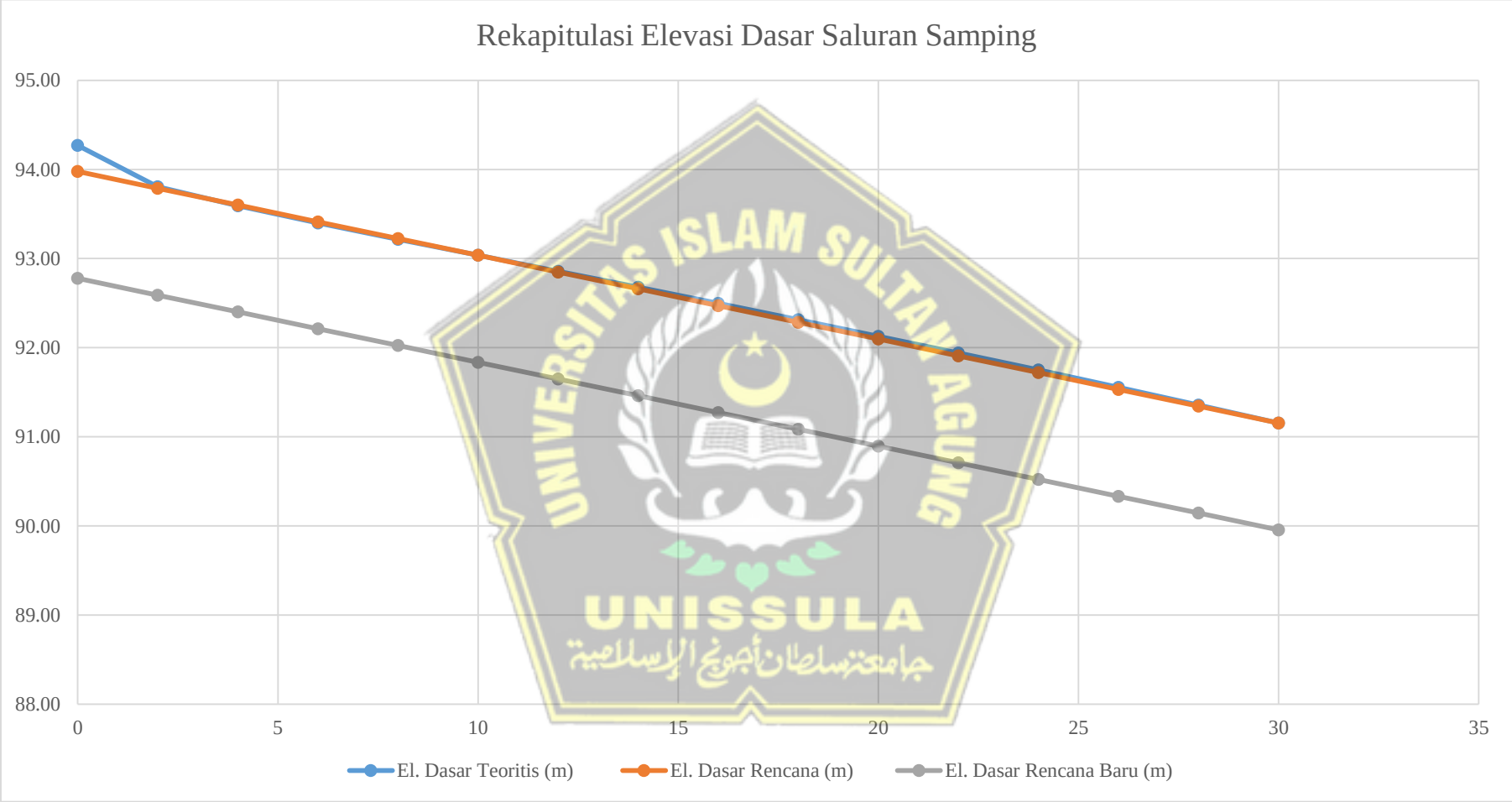
Gambar 4.52 Elevasi Dasar Teoritis Dan Rencana Saluran Samping
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Saluran samping harus memiliki kemampan mengalirkan debit banjir dan untuk menghindari terjadinya aliran tenggelam dimana nilainya ditaksir sama dengan 2/3 H_o = 2/3 (2,09) = 1,4 m diatas pelimpah, maka elevasi dasar rencana saluran samping harus diturunkan sedalam 1,2 m.

Tabel 4.138 Rekapitulasi Elevasi Dasar Saluran Samping Rencana Baru

No	X (m)	El. Dasar Rencana (m)	El. Dasar Rencana Baru (m)
1	0	93,98	92,78
2	2	93,79	92,59
3	4	93,60	92,40
4	6	93,41	92,21
5	8	93,22	92,02
6	10	93,04	91,84
7	12	92,85	91,65
8	14	92,66	91,46
9	16	92,47	91,27
10	18	92,28	91,08
11	20	92,10	90,90
12	22	91,91	90,71
13	24	91,72	90,52
14	26	91,53	90,33
15	28	91,34	90,14
16	30	91,16	89,96

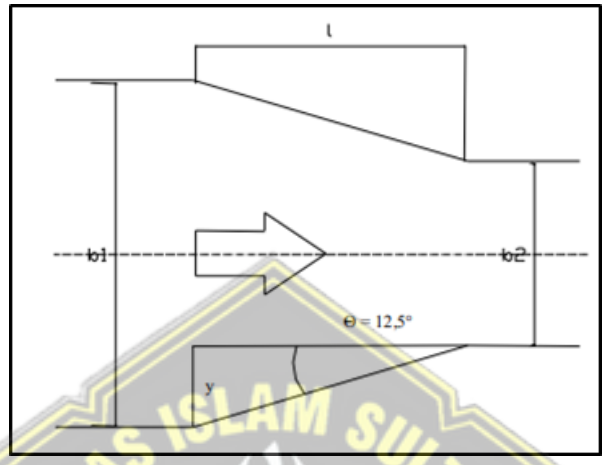
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.53 Kemiringan Dasar Saluran Samping Setelah Penurunan
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.10.3 Saluran Transisi

Perhitungan saluran transisi dilakukan untuk perencanaan debit rencana banjir tidak menimbulkan air terhenti dibagian hilir. Saluran transisi diperlukan karena adanya perubahan bentuk penampang saluran pengatur dengan saluran peluncur. Bentuk saluran transisi ditentukan sebagai berikut:



Gambar 4.54 Skema Bagian Transisi Saluran Pengarah Bangunan Pelimpah

Dengan ketentuan tersebut diatas dan keadaan topografi yang ada dimana:

b_1 = 40 m

b_2 = 28 m

θ = 12,5 °

Slope transisi (S_o) = 0

Koef. Koriolis (α) = 1,15 (saluran, pelimpah)

Koef. *Manning* (n) = 0,014

El. Dasar saluran samping pada bagian hilir = + 90,15

maka:

$$L = \frac{\frac{1}{2}\Delta B}{\tan\theta}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}(40-28)}{\tan 12{,}5°}$$

$$= 27{,}1 \text{ m}$$

$$\approx 30 \text{ m}$$

$$Y_c = \left(\frac{\alpha \times \left(\frac{Q}{B}\right)^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left(\frac{1{,}15 \times \left(\frac{145{,}94}{28}\right)^2}{9{,}81}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 1{,}47 \text{ m}$$

Berikut perhitungan saluran transisi dimulai pada saluran transisi:

4.10.3.1. Bagian hilir titik ke-15 ($Y_{15} = Y_c = 1{,}47$ m)

1. Luas penampang basah (A)

$$A = B \times Y_{15}$$
$$= 28 \times 1{,}47$$
$$= 41{,}2 \text{ m}^2$$

2. Keliling basah (P)

$$P = B + 2 \times Y_{15}$$
$$= 28 + 2 \times 1{,}47$$
$$= 30{,}94 \text{ m}^2$$

3. Jari – jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$
$$= \frac{41{,}2}{30{,}94}$$
$$= 1{,}33 \text{ m}$$

4. Kecepatan (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{145{,}94}{41{,}2}$$
$$= 3{,}54 \text{ m}^2$$

5. Kehilangan tinggi akibat kecepatan (h_v)

$$h_v = \frac{V^2}{2 \times g}$$
$$= \frac{3{,}54^2}{2 \times 9{,}81}$$
$$= 0{,}64 \text{ m}$$

Perbedaan tinggi elevasi (Z) = 1

6. Bilangan *Froude* (Fr_{15})

$$Fr_{15} = \frac{V}{\left(g \times \frac{Y_{15}}{\propto}\right)^{0,5}}$$

$$= \frac{3,54}{\left(9,81 \times \frac{1,47}{1,15}\right)^{0,5}}$$

$$= 1$$

7. Elevasi dasar

EL Dasar = El. Dasar saluran samping hilir + Z

= 90,15 + 1

= + 91,15 m

8. Elevasi muka air

El muka air = El. Dasar + Y_{15}

= 91,15 +1 ,47

= + 92,62 m

4.10.3.2. Pehitungan saluran tansisi titik ke-14 (Y_{14} = 2,56 m)

1. Luas penampang basah (A)

$A = B \times Y_{14}$

$= 28 \times 2,56$

$= 71,72\ m^2$

2. Keliling basah (P)

$P = B + 2 \times Y_{15}$

$= 28 + 2 \times 2,56$

$= 33,12\ m^2$

3. Jari – jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{71,72}{33,12}$$

$$= 2,17\ m$$

4. Kecepatan (V)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{145,94}{71,72}$$

$$= 2,03\ m^2$$

5. Kehilangan tinggi akibat kecepatan (h_v)

$h_v = \frac{V^2}{2 \times g}$

$= \frac{2{,}03^2}{2 \times 9{,}81}$

$= 0{,}21$ m

6. Kemiringan gesekan (S_f)

$S_f = n^2 \times \frac{\overline{V}^2}{\overline{R}^{4/3}}$

$= 0{,}014^2 \times \frac{2{,}03^2}{2{,}17^{4/3}}$

$= 0{,}00072$

Jarak lantai penampang (Δx) = 2 m

7. Kehilangan tekan akibat gesekan (h_f)

$h_f = \Delta x \times S_f$

$= 2 \times 0{,}00072$

$= 0{,}0014$

Kehilangan tekan akibat pusaran (h_e) = 0

8. Bilangan *froude* (Fr_{14})

$Fr_{14} = \frac{V}{\left(g \times \frac{Y_{15}}{\propto}\right)^{0,5}}$

$= \frac{2{,}03}{\left(9{,}81 \times \frac{2{,}56}{1{,}15}\right)^{0,5}}$

$= 0{,}44$

9. Elevasi dasar

EL Dasar = El. Dasar saluran samping hilir + Z

= + 89,98 m

10. Elevasi muka air

El muka air = El. Dasar + Y_{14}

= + 92,52 m

Tabel 4.139 Perhitungan Profil Muka Air Saluran Transisi

No	*Section*	X	ΔX	Y	A	P	R	V	$\overline{V}$	hv	$\overline{R}$	Sf	he	hf	Z	El. Dasar	El. MA	*Froude*
1	0	0	0	1,49														
2	1	2	2	2,82	79,00	33,64	2,35	1,85	1,85	0,20	2,34	0,00	0,00	0,00043	0,00	89,96	92,78	0,38
3	2	4	2	2,80	78,44	33,60	2,33	1,86	1,87	0,20	2,33	0,00	0,00	0,00044	0,00	89,96	92,76	0,38
4	3	6	2	2,78	77,88	33,56	2,32	1,87	1,88	0,21	2,31	0,00	0,00	0,00045	0,00	89,96	92,74	0,38
5	4	8	2	2,76	77,32	33,52	2,31	1,89	1,89	0,21	2,30	0,00	0,00	0,00046	0,00	89,96	92,72	0,39
6	5	10	2	2,74	76,76	33,48	2,29	1,90	1,91	0,21	2,29	0,00	0,00	0,00047	0,00	89,96	92,70	0,39
7	6	12	2	2,72	76,20	33,44	2,28	1,92	1,92	0,22	2,27	0,00	0,00	0,00049	0,00	89,96	92,68	0,40
8	7	14	2	2,70	75,64	33,40	2,26	1,93	1,94	0,22	2,26	0,00	0,00	0,00050	0,00	89,96	92,66	0,40
9	8	16	2	2,68	75,08	33,36	2,25	1,94	1,95	0,22	2,24	0,00	0,00	0,00051	0,00	89,96	92,64	0,41
10	9	18	2	2,66	74,52	33,32	2,24	1,96	1,97	0,22	2,23	0,00	0,00	0,00052	0,00	89,96	92,62	0,41
11	10	20	2	2,64	73,96	33,28	2,22	1,97	1,98	0,23	2,21	0,00	0,00	0,00053	0,00	89,96	92,60	0,42
12	11	22	2	2,62	73,40	33,24	2,21	1,99	2,00	0,23	2,20	0,00	0,00	0,00055	0,00	89,96	92,58	0,42
13	12	24	2	2,60	72,84	33,20	2,19	2,00	2,01	0,24	2,19	0,00	0,00	0,00056	0,00	89,96	92,56	0,43
14	13	26	2	2,58	72,28	33,16	2,18	2,02	2,03	0,24	2,17	0,00	0,00	0,00057	0,00	89,96	92,54	0,43
15	14	28	2	2,56	71,72	33,12	2,17	2,03	1,95	0,24	2,24	0,00	0,00	0,00051	0,00	89,96	92,52	0,44
16	15	30	2	1,47	41,20	30,94	1,33	3,54	2,79	0,74	1,75	0,00	0,02	0,00145	1,00	90,96	92,43	1,00

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.10.4 Saluran Peluncur Bangunan Pelimpah

Pada perencanaan bangunan pelimpah antara tinggi mercu dengan bangunan peredam energi diberi saluran peluncur (*flood way*).

4.10.4.1. Diketahui:

Debit outflow maksimum (Q_{1000}) = 145,94 m^3/dt
Lebar saluran peluncur (B) = 28 m
Koef. Koriolis (α) = 1,15
Koef. Kekasaran *manning* (n) = 0,014 (beton)
Percepatan gravitasi bumi (g) = 9,81 m^2/dt
Panjang rencana (L) = 120 m
Sudut (θ) = 12,5°
Kecepatan aliran pada titik permulaan = 3,54
Elevasi dasar saluran pada awal saluran peluncur = + 90,96 m
Kedalaman aliran kritis pada awal saluran peluncur = 1,47 m

4.10.4.2. Analisa perhitungan

Perhitungan muka air pada saluran peluncur menggunakan persamaan kekekalan energi dan akan dihitung tiap pias dengan total jarak horizontal. Berikut ini merupakan analisa perhitungan untuk titik ke-1:

1. Diketahui
   Jarak antar penampang horizontal (Δx) = 10 m
   Kedalaman air pada titik ke-1 (Y_1) = 1,43 m
   Lebar saluran (b) = 28 m
2. Luas hidrolis (A_1)
   $A_1 = Y_1 \times b$
   $= 1{,}43 \times 28$
   $= 40{,}08$ m
3. Keliling basah (P_1)
   $P_1 = b + (2 \times Y_1)$
   $= 28 + (2 \times 1{,}43)$
   $= 30{,}86$ m

4. Jari – jari hidrolis (R_1)

$R_1 = \frac{A}{P}$

$= \frac{40,38}{30,86}$

$= 1,3$ m

5. Elevasi peluncur

$\text{Tan } \theta = \frac{\Delta \text{ el.Peluncur}}{\text{panjang rencana}}$

$0,22 = \frac{\Delta \text{ el.Peluncur}}{120}$

Δ el. Peluncur $= 0,22 \times 120$

$= 26,6$ m

6. Perbedaan elevasi (Z_1)

$Z_1 = Z_{n-1} - (\text{Tan } \theta \times \Delta x)$

$= 26,6 - (0,22 \times 10)$

$= 24,39$ m

7. Kecepatan pada titik ke-1 (V_1)

$V_1 = \frac{Q}{A}$

$= \frac{145,94}{40,38}$

$= 3,64$ m/dt

8. Tinggi tekan kecepatan aliran (h_{v1})

$h_{v1} = \alpha \times \frac{V^2}{2 \times g}$

$= 1,15 \times \frac{3,64^2}{2 \times 9,81}$

$= 0,78$ m

Tabel 4.140 Perhitungan Profil Muka Air Saluran Peluncur

Section	El. Ds m	ΔX m	Z m	Δ/ m	B m	y m	A m^2	V m/dt	hv m	Vrt m/dt	P m	R m	Rrt m	hf m	he m	El. MA m	Fr	Keterangan
0	90,96	0	26,60	0	28	1,47	41,20	3,54	0,74	0,00	30,94	1,33	0,00	0,00	0	92,43	0,9325	Subritis
1	89,51	10	24,39	10,2428	28	1,43	40,08	3,64	0,78	3,59	30,86	1,30	1,31	0,02	0	90,94	0,97187	Subritis
2	88,10	10	22,17	10,2428	28	1,39	38,96	3,75	0,82	3,69	30,78	1,27	1,28	0,02	0	89,49	1,01408	Superkritis
3	86,76	10	19,95	10,2428	28	1,31	36,72	3,97	0,93	3,86	30,62	1,20	1,23	0,02	0	88,07	1,10829	Superkritis
4	85,50	10	17,74	10,2428	28	1,23	34,48	4,23	1,05	4,10	30,46	1,13	1,17	0,03	0	86,73	1,21804	Superkritis
5	84,32	10	15,52	10,2428	28	1,15	32,24	4,53	1,20	4,38	30,30	1,06	1,10	0,03	0	85,47	1,34718	Superkritis
6	83,21	10	13,30	10,2428	28	1,06	29,72	4,91	1,41	4,72	30,12	0,99	1,03	0,04	0	84,27	1,52214	Superkritis
7	82,18	10	11,08	10,2428	28	0,97	27,20	5,37	1,69	5,14	29,94	0,91	0,95	0,06	0	83,16	1,73854	Superkritis
8	81,23	10	8,87	10,2428	28	0,88	24,68	5,91	2,05	5,64	29,76	0,83	0,87	0,08	0	82,11	2,01155	Superkritis
9	80,33	10	6,65	10,2428	28	0,78	21,88	6,67	2,61	6,29	29,56	0,74	0,78	0,11	0	81,12	2,40988	Superkritis
10	79,49	10	4,43	10,2428	28	0,68	19,08	7,65	3,43	7,16	29,36	0,65	0,69	0,17	0	80,17	2,95951	Superkritis
11	78,63	10	2,22	10,2428	28	0,58	16,28	8,97	4,71	8,31	29,16	0,56	0,60	0,27	0	79,21	3,75521	Superkritis
12	77,67	10	0,00	10,2428	28	0,48	13,48	10,83	6,88	9,90	28,96	0,47	0,51	0,48	0	78,15	4,98451	Superkritis

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Keterangan tabel:

El. Ds = Elevasi Dasar Saluran

ΔX = Jarak Antar Penampang Horizontal

Z = Beda Tinggi Antar Penampang

Δ/ = Jarak Sisi Miring

B = Lebar Dasar Saluran

y = Kedalaman Aliran (*Trial And Error*)

A = Luas Penampang Basah

V = Kecepatan Aliran

hv = Tinggi Tekan Kecepatan Aliran

Vrt = Kecepatan Aliran Rerata

P = Keliling Basah

R = Radius Hidrolik

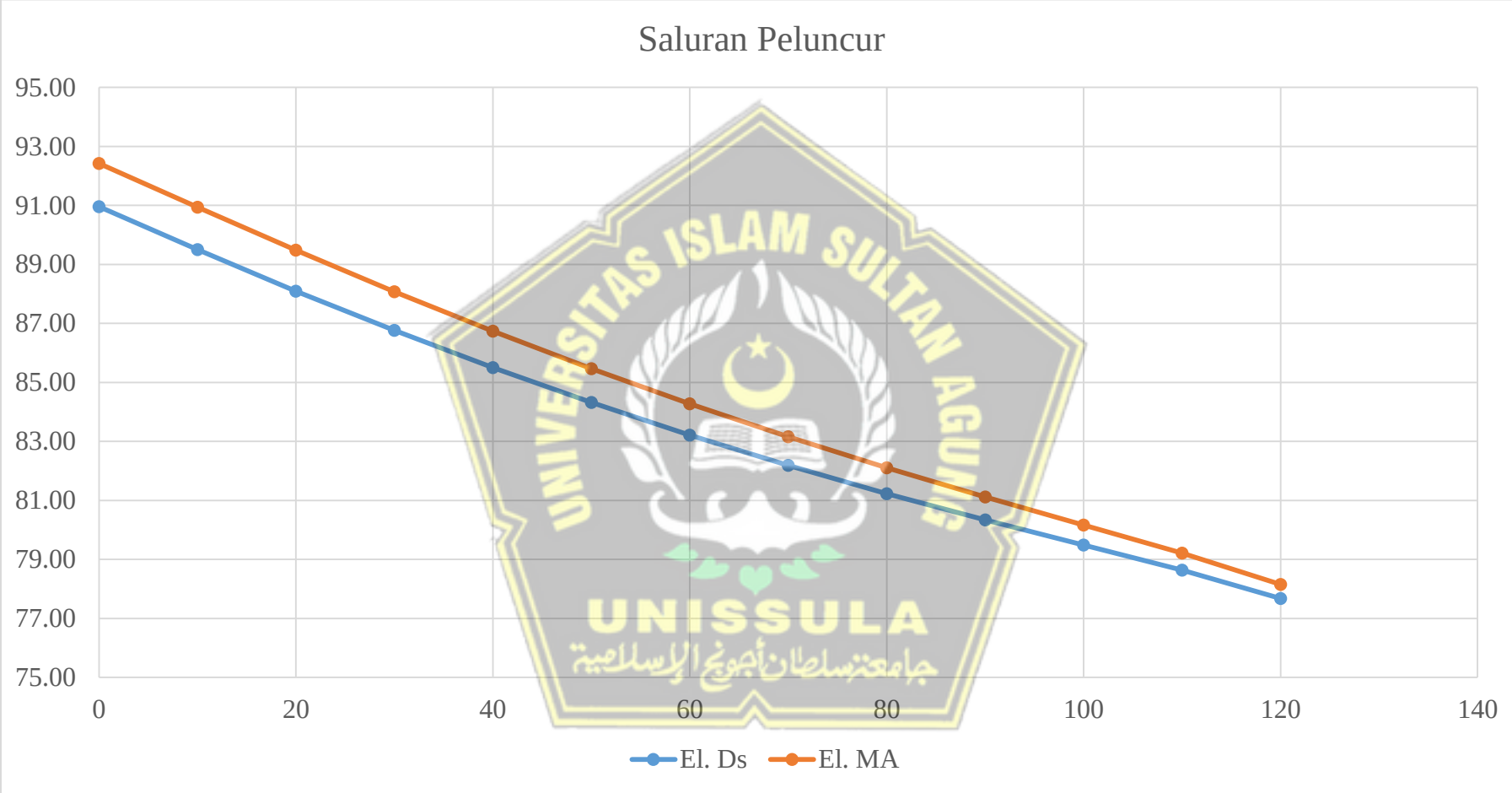
Rrt = Radius Hidrolik Rerata

hf = Kehilangan Tinggi Akibat Gesekan

he = Kehilangan Tinggi Akibat Perubahan Penampang

El. MA = Elevasi Muka Air

Fr = Bilangan Froude



Gambar 4.55 Grafik Profil Muka Air Pada Saluran Peluncur
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.10.5 Bangunan Peredam Energi Bangunan Pelimpah

Dalam perencanaan ini menggunakan bangunan peredam energi tipe kolam olakan (*stilling basin tpe*). Penggolongan tipe kolam olakan dapat dilihat pada tabel 4.141 dibawah ini.

Tabel 4.141 Tipe Kolam Olakan Datar

No	Tipe Kolam Olakan	Debit Spesifik (q) m^2/detik	Bilangan *Froude* (Fr)
1	Tipe I	q < 18,50	Fr < 4,5
2	Tipe II	q > 45,00	Fr > 4,5
3	Tipe III	q < 18,50	Fr > 4,5
4	Tipe IV	q > 18,50	2,5 ≤Fr ≤ 4,5

(Sumber: Sosrodarsono, 1976)

4.10.5.1. Perhitungan kedalaman aliran di saluran akhir

1. Diketahui:

   Debit outflow (Q1000th) = 145,94 m^3/detik

   Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m^2/dt

   Lebar saluran (b) = 28 m

   Koef. Kekasaran manning(n) = 0,025 (batu kali)

   Elevasi saluran akhir = + 77,67 m

2. Analisa perhitungan

   a. Kedalaman aliran kritis (Yc)

$$Yc = \left(\left(\frac{Q}{B}\right)^2 / g\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left(\left(\frac{145,94}{28}\right)^2 / 9,81\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 1,4 \text{ m}$$

   b. Luas hidrolis (A)

$$A = Yc \times b$$

$$= 1,4 \times 28$$

$$= 39,32 \text{ m2}$$

c. Kecepatan (Vc)

$$Vc = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{145,94}{39,32}$$

$$= 3,71 \text{ m/dt}$$

d. Keliling basah (P)

$$P = b + (2 \times Yc)$$

$$= 28 + (2 \times 1,4)$$

$$= 30,81 \text{ m}$$

e. Jari – jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{39,32}{30,81}$$

$$= 1,28 \text{ m}$$

Tabel 4.142 Perhitungan *Rating Curve* saluran akhir

No	h	A	P	R	v	Q
1	0	0	28	0	0	0
2	1	28	30	0,93	0,01	0,32
3	2	56	32	1,75	0,04	2,09
4	3	84	34	2,47	0,07	6,07
5	4	112	36	3,11	0,11	12,72
6	5	140	38	3,68	0,16	22,27
7	6	168	40	4,20	0,21	34,86
8	7	196	42	4,67	0,26	50,55
9	8	224	44	5,09	0,31	69,36
10	9	252	46	5,48	0,36	91,26
11	10	280	48	5,83	0,42	116,22
12	11	308	50	6,16	0,47	144,19
13	12	336	52	6,46	0,52	175,10
14	13	364	54	6,74	0,57	208,89
15	14	392	56	7,00	0,63	245,50

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.10.5.2. Analisa perhitungan peredam energi

1. Diketahui:

   Y_1 = 0,48 m

   V_1 = 10,83 m/dt

   q = 5,21 m^2/dt

   F_1 = 4,98

2. Analisa tipe kolam olakan

   q = 5,21 m^2/dt

   q < 18,50

   5,21 < 18,50 (Tipe I / Tipe III)

   F_1 = 4,98

   F_1 > 4,5

   4,98 > 4,5 (Tipe II / Tipe III)

   Hasil analisa menunjukan nilai q <18,50 dan nilai Fr > 4,5, maka bangunan peredam energi yang memenuhi adalah kolam olakan datar tipe III.

3. Analisa perhitungan

   a. Kedalaman konjugasi (Y_2)

   $$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{1+8\times {F_1}^2}-1\right)$$

   $$Y_2 = \left(\frac{1}{2}\left(\sqrt{1+8\times {F_1}^2}-1\right)\right)\times y_1$$

   $$= \left(\frac{1}{2}\left(\sqrt{1+8\times 4{,}98^2}-1\right)\right)\times 0{,}48$$

   = 3,16 m

   b. Panjang loncatan hidrolis (L_j)

   L_j = 5×(Y_2 – Y_1)

   = 5×(3,16 – 0,48)

   = 13,4 m

   c. Panjang kolam olakan (L_d),

   L_d = 5 × Y_2

   = 5 × 3,16

   = 15,8 m

4. Kesimpulan

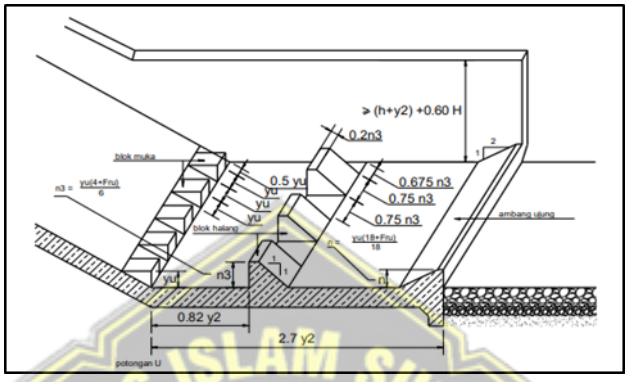
y_1 = D_1 = 0,48 m, direncanakan 0,5 m

y_2 = D_2 = 3,16 m

h_1 = D_1 = 0,48 m, direncanakan 0,5 m

S_1 = D_1 = 0,48 m, direncanakan 0,5 m

W_1 = D_1 = 0,48 m, direncanakan 0,5 m



Gambar 4.56 Karakteristik kolam USBR Tipe III
(Sumber: Sosrodarsono, 1976)

4.10.5.3. Analisa perhitungan gigi pemecah aliran

Gigi-gigi pemecah aliran berfungsi sebagai pembagi aliran yang terletak di ujung saluran peluncur sebelum masuk ke kolam olakan.

1. Diketahui

D_1 = 0,48 m ≈ 0,5 m

Lebar kolam olak (Lk) = 28 m

Jumlah balok gigi-gigi (n) = 28 buah

Tinggi balok (y) = 0,5 m

Lebar balok (Lb) = 0,5 m

Jarak antar balok (x) = 0,5 m

Jarak blok tepi ke tepi (x_2) = 0,25 m

2. Cek lebar kolam olak

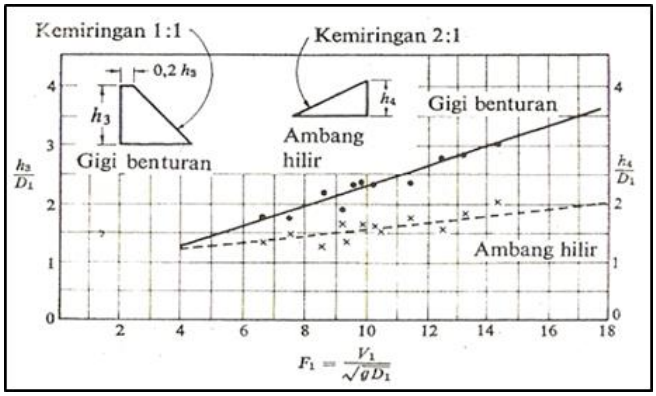
$Lk \geq (n \times Lb)+((n-1)\times x)+(2\times x_2)$

$28 \geq (28\times 0{,}50)+(27\times 0{,}50)+(2\times 0{,}25)$

$28 \geq 14 + 13{,}5 + 0{,}5$

$28 \geq 28{,}00$ OK

4.10.5.4. Analisa perhitungan gigi pembentur aliran



Gambar 4.57 Grafik penentuan gigi benturan dan ambang hilir kolam olakan (Sumber: Sosrodarsono, 1976)

1. Diketahui:

   Jumlah blok gigi gigi pembentur (n) = 15 buah

   Lebar kolam olak (Lk) = 28 m

   Lebar blok (Lb) = 1 m

   Jarak antar balok (x) = 0,75 m

   Jarak blok tepi ketepi (x_2) = 0,675 m

   Fr = 4,98

   D_1 = 0,5 m

   $\frac{H3}{D1}$ = 1,50

   $\frac{H3}{0,5}$ = 1,50

   H3 = 1,5×0,5

   = 0,75 m

   ≈ 1 m

2. Cek lebar kolam olak

   L ≥ (n× Lb)+((n-1)×x)+(2×x_2)

   28 ≥ (15×1)+(14×0,75)+(2×0,675)

   28 ≥ 15 + 10,5 + 1,35

   28 ≥ 26,85 OK

4.10.5.5. Analisa perhitungan ukuran ambang ujung hilir

Fr = 4,98

D_1 = 0,5 m

$\frac{H4}{D1}$ = 1,25

$\frac{H4}{0,5}$ = 1,25

H4 = 1,25×0,5

= 0,625 m, dengan kemiringan 2:1

4.10.6 Tinggi Jagaan Bangunan Pelimpah

Tinggi jagaan pada bangunan pelimpah (*spillway*) dihitung dengan menggunakan rumus:

$F_b = C \times V \times d$ (Sosrodarsono & Takeda, 1978)

atau

$F_b = 0,6 + 0,037 \times V \times d^{1/3}$

Dimana:

Fb = tinggi jagaan

C = koefisien

C = 0,1 (penampang saluran berbentuk persegi panjang)

C = 0,13 (penampang berbentuk trapesium)

V = kecepatan aliran (m/det)

d = kedalaman air di dalam saluran (m)

Diketahui:

d = 3,16 m

b = 28 m

A = 31 m^2

V = $\frac{Q}{A}$

= $\frac{145,94}{31}$

= 4,71 m/dt

Maka:

$F_b = C \times V \times d$

$= 0{,}1 \times 4{,}71 \times 3{,}16$

$= 1{,}49$ m

$\approx 1{,}5$ m

Atau

$F_b = 0{,}6 + 0{,}037 \times V \times d^{1/3}$

$= 0{,}6 + 0{,}037 \times 4{,}71 \times 1{,}47$

$= 0{,}86$ m

Kemudian digunakan nilai tertinggi dari F_b. Hasil analisa yang dilakukan didapat nilai Fb= 1,49 m, dibulatkan F_b = 1,5 m.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

4.11 Analisa Stabilitas Bangunan Pelimpah

4.11.1 Ambang Pelimpah

4.11.1.1. Diketahui

P	=	3	m
Elevasi Pelimpah	=	94,27	m
Elevasi Puncak Bendungan	=	99,00	m
Elevasi Muka Air Banjir	=	96,50	m
Head Max	=	2,23	m
Head	=	2,09	m
Qinflow	=	254,09	m^3/dt
Qoutflow	=	145,94	m^3/dt
Hd	=	2,11	m
Berat Jenis Material Beton	=	2400	kg/m^3
	=	24	kN/m^3

Tabel 4.143 Berat Sendiri Bangunan Dan Komponen Gedung

No	Bahan Bangunan	Berat Sendiri kg/m^3
1	Baja	7.850
2	Batu alam	2.600
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpukan)	1.500
4	Batu karang (berat tumpuk)	700
5	Batu pecah	1.450
6	Besi Tulang	7.250
7	Beton (1)	2.200
8	Beton bertulang (2)	2.400
9	Kayu (Kelas I) (3)	1.000
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650
11	Pasangan bata merah	1.700
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200
13	Pasangan batu cetak	2.200
14	Pasangan batu karang	1.450
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600
16	Pasir (jenuh air)	1.800
17	Pasir, kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000
20	Timah hitam (timbel)	11.400

(Sumber: PPIUG 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia)

4.11.1.2. Letak koordinat

1. Koordinat Bangunan utama

Tabel 4.144 Koordinat Bangunan Pelimpah

Bangunan Pelimpah *(*Spillway*)*				
Titik	Jarak Koordinat		Elevasi	
	Vertikal (m)	Horizontal (m)	Vertikal (m)	Horizontal (m)
A	0	0	91,27	0
B	1,60	0,00	89,67	0,00
C	0,00	1,50	89,67	1,50
D	0,80	0,80	90,47	2,30
E	0,00	4,50	90,47	6,80
F	4,00	0,00	86,47	6,80
G	0,00	10,00	86,47	16,80
H	1,07	2,00	87,54	18,80
I	0,00	4,50	87,54	23,30
J	0,50	0,00	88,04	23,30
K	0,00	4,50	88,04	18,80
L	0,00	3,75	88,04	15,05
M	3,95	3,16	91,99	11,89
N	1,22	3,80	93,21	8,09
O	1,94	0,00	91,27	8,09

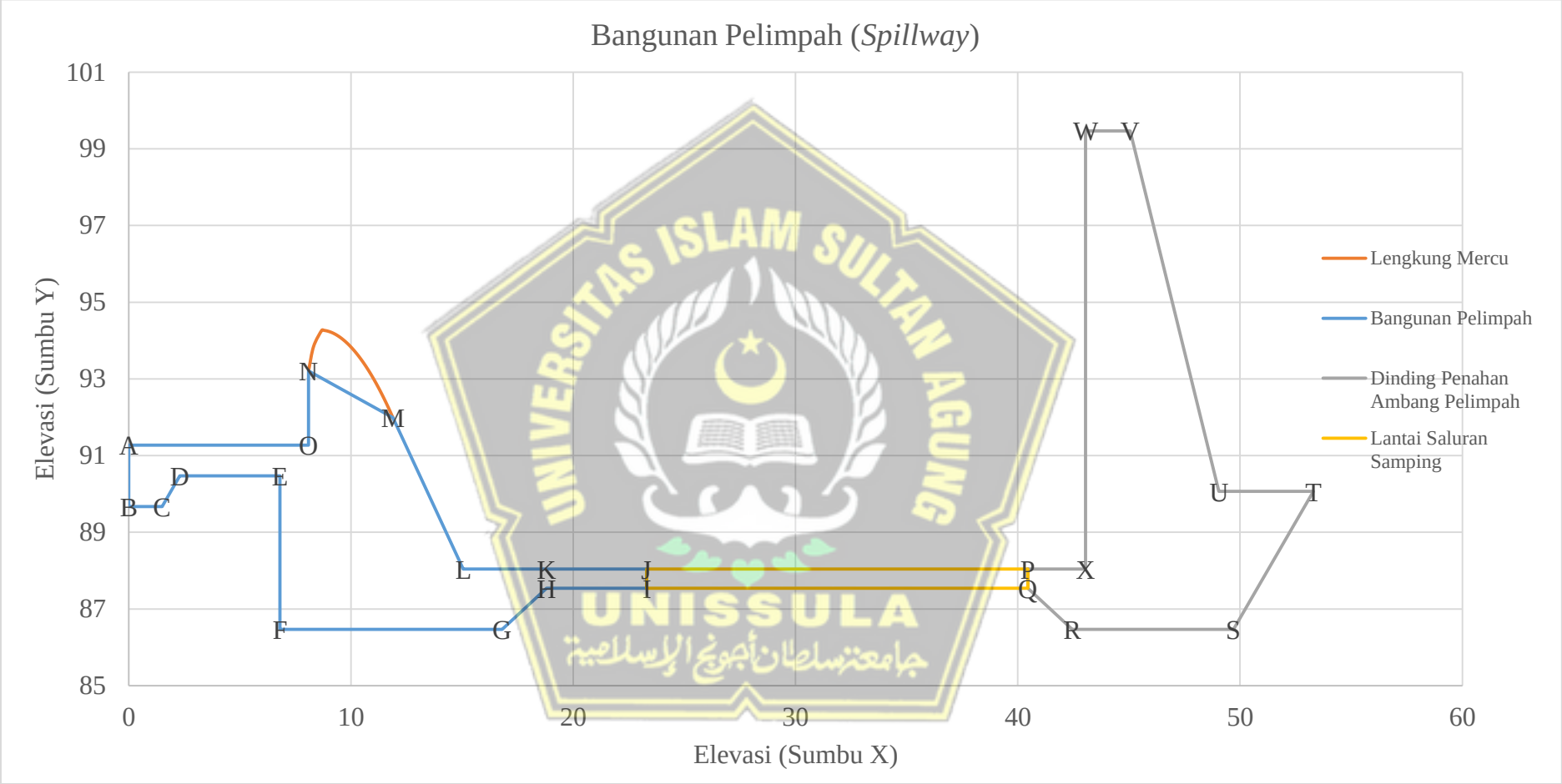
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Koordinat Mercu

Tabel 4.145 Koordinat Mercu

Titik	Koordinat		Elevasi	
	Vertikal (m)	Horizontal (m)	Vertikal (m)	Horizontal (m)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
R1	-0,60	1,06	93,21	8,09
R2	-0,37	0,42	93,85	8,32
R3	0,00	0,00	94,27	8,69
R4	0,10	0,00	94,27	8,79
R5	0,20	0,01	94,26	8,89
R6	0,30	0,03	94,24	8,99
R7	0,40	0,05	94,22	9,09
R8	0,50	0,07	94,20	9,19
R9	0,60	0,10	94,17	9,29
R10	0,70	0,14	94,13	9,39
R11	0,80	0,18	94,09	9,49
R12	0,90	0,22	94,05	9,59
R13	1,00	0,27	94,00	9,69
R14	1,10	0,32	93,95	9,79
R15	1,20	0,37	93,90	9,89
R16	1,30	0,43	93,84	9,99
R17	1,40	0,49	93,78	10,09
R18	1,50	0,56	93,71	10,19
R19	1,60	0,63	93,64	10,29
R20	1,70	0,71	93,56	10,39
R21	1,80	0,79	93,48	10,49
R22	1,90	0,87	93,40	10,59
R23	2,00	0,96	93,31	10,69
R24	2,10	1,05	93,22	10,79
R25	2,20	1,14	93,13	10,89
R26	2,30	1,24	93,03	10,99
R27	2,40	1,34	92,93	11,09
R28	2,50	1,45	92,82	11,19
R29	2,60	1,55	92,72	11,29
R30	2,70	1,67	92,60	11,39
R31	2,80	1,78	92,49	11,49
R32	2,90	1,90	92,37	11,59
R33	3,00	2,03	92,24	11,69
R34	3,02	2,05	92,22	11,70
R35	3,20	2,28	91,99	11,89

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



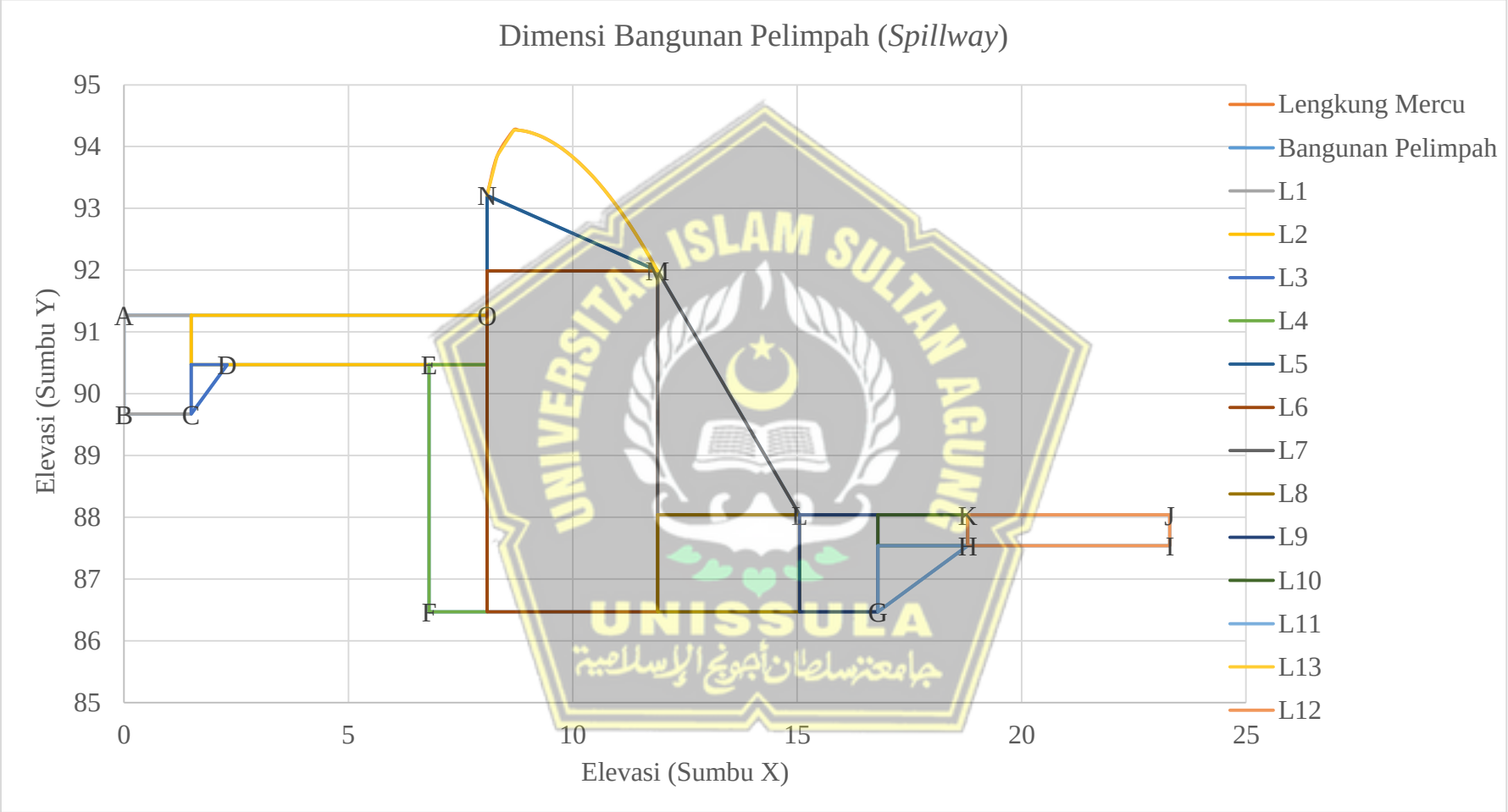
Gambar 4.58 Koordinat Ambang Pelimpah
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.1.3. Analisa luasan ambang pelimpah

Tabel 4.146 Analisa Luasan Ambang Pelimpah

Notasi	P	L	t	Bangun	Rumus	Luas	Titik Berat		Koordinat Titik Berat		Jarak Lengan Terhadap Titik I	
	(m)	(m)	(m)			(m^2)	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal
L1	1,60	1,50		Persegi	P*L	2,40	0,80	0,75	90,47	0,75	2,93	22,55
L2	0,80	6,59		Persegi	P*L	5,27	0,40	3,30	90,87	4,80	3,33	18,51
L3		0,80	0,80	Segitiga	½*P*L	0,32	0,27	0,27	90,20	1,77	2,66	21,53
L4	4,00	1,29		Persegi	P*L	5,16	2,00	0,65	88,47	7,45	0,93	15,86
L5		3,80	1,22	Segitiga	½*P*L	2,32	0,81	1,27	92,40	9,36	4,86	13,94
L6	5,52	3,80		Persegi	P*L	20,98	2,76	1,90	89,23	9,99	1,69	13,31
L7		3,16	3,95	Segitiga	½*P*L	6,24	2,63	1,05	89,36	12,94	1,82	10,36
L8	1,57	3,16		Persegi	P*L	4,96	0,78	1,58	87,26	13,47	0,28	9,83
L9	1,57	1,75		Persegi	P*L	2,75	0,78	0,88	87,26	15,93	0,28	7,38
L10	0,50	2,00		Persegi	P*L	1,00	0,25	1,00	87,79	17,80	0,25	5,50
L11		2,00	1,07	Segitiga	½*P*L	1,07	0,36	0,67	87,18	17,47	0,36	5,83
L12	0,50	4,50		Persegi	P*L	2,25	0,25	2,25	87,79	21,05	0,25	2,25
L13	3,80		1,22	Irisan Kurva Parabola	*Software AutoCAD*	3,53	0,41	1,27	93,86	9,36	6,32	13,94

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.59 Analisa Luasan Ambang Pelimpah
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.1.4. Perhitungan Momen

Tabel 4.147 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen

Notasi	Luas L m^2	Volume V m^3	Berat Jenis γ kN/m^3	Gaya kN	Jarak Lengan		Momen	
					Vertikal m	Horizontal m	ΣM.V kNm	ΣM.H kNm
G1	2,40	2,40	24	57,60	2,93	22,55	1298,88	168,77
G2	5,27	5,27	24	126,53	3,33	18,51	2341,40	421,34
G3	0,32	0,32	24	7,68	2,66	21,53	165,38	20,45
G4	5,16	5,16	24	123,84	0,93	15,86	1963,48	115,17
G5	2,32	2,32	24	55,63	4,86	13,94	775,70	270,19
G6	20,98	20,98	24	503,42	1,69	13,31	6700,57	850,79
G7	6,24	6,24	24	149,78	1,82	10,36	1551,26	272,11
G8	4,96	4,96	24	119,07	0,28	9,83	1170,45	33,93
G9	2,75	2,75	24	65,94	0,28	7,38	486,31	18,79
G10	1,00	1,00	24	24,00	0,25	5,50	132,00	6,00
G11	1,07	1,07	24	25,68	0,36	5,83	149,80	9,16
G12	2,25	2,25	24	54,00	0,25	2,25	121,50	13,50
G13	3,53	3,53	24	84,72	6,32	13,94	1181,28	535,71
Jumlah (Σ)				1397,90	25,97	160,79	18038,00	2735,91

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.1.5. Analisa daya dukung tanah

c = 0,16 kg/cm²

= 16 kN/m²

α = 25°

SF = 3

D = 1,60 m

B = 23,30 m

Tabel 4.148 Faktor Kapasitas Dukung Formula Terzaqhi

No	α	Nc	Nγ	Nq
1	0	5,14	0,00	1,00
2	5	6,50	0,10	1,60
3	10	8,40	0,50	2,50
4	15	11,00	1,40	4,00
5	20	14,80	3,50	6,40
6	25	20,70	8,10	10,70
7	30	30,00	18,10	18,40
8	35	46,00	41,10	33,30
9	40	75,30	100,00	64,20
10	45	134,00	254,00	135,00

(Sumber: Terzaghi, 1943)

Dari Tabel didapatkan nilai sebagai berikut:

Nc = 20,70

Nγ = 8,10

Nq = 10,70

qult = c . Nc + γb . D . Nq + 0,5 . γb .B . Nγ

= 16*20,70 + 20,9*1,60*10.70 + 0,5*20,9*23,30*8.10

= 2678,78 kN/m²

$\sigma Ijin = \frac{qult}{SF}$

$= \frac{2678,78}{3}$

= 892,93 kN/m²

4.11.1.6. Kondisi muka air normal

1. Diketahui

H_1	=	1,60	m
H_2	=	0,50	m
Berat jenis tanah	=	20,9	kN/m³
Berat jenis air	=	10	kN/m³
Panjang *spillway* (L)	=	23,30	m
Panjang titik (A-P)	=	8,09	m
Jenis tanah *Spillway*	=	Bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil	
f	=	0,65	

Tabel 4.149 Harga-harga Perkiraan untuk Koefisien Gesekan

No	Bahan	f
1	Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
2	Batu keras berkualitas baik	0,75
3	Kerikil	0,50
4	Pasir	0,40
5	Lempung	0,30

(Sumber: KP-02 Dirjen Pengairan, 1986)

Dari tabel 4.149 didapat nilai perkiraan koefisien gesek untuk jenis tanah bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil adalah 0.65.

2. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$P_a = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a}$

$K_a = tg^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

Keterangan

P_a = Tekanan tanah aktif

H_1 = Kedalaman pondasi

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

ϕ = Sudut geser dalam tanah

$K_a = \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

= 0.703

$P_a = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a}$

$= \frac{1}{2} * 10 * 1{,}60^2 * 0{,}703 - 2 * 16 * \sqrt{0{,}703}$

= 18,536 kN/m

Panjang Lengan = ⅔ * H_1

= ⅔ * 1,6

= 1,07

Momen Pa = P_a*Jarak Lengan

= 18,536 * 1,07

= 0,75 kNm

b. Tekanan tanah pasif

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p + 2 * c * \sqrt{K_p}$

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

Keterangan

P_p = Tekanan tanah pasif

H_1 = Kedalaman pondasi

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

ϕ = Sudut geser dalam tanah

$K_p = \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

$= 1.732$

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p + 2 * c * \sqrt{K_p}$

$= \frac{1}{2} * 10 * 0{,}50^2 * 1{,}732 + 2 * 16 * \sqrt{1{,}732}$

$= 1{,}732$ kNm

Panjang Lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 0,5

= 0,33

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 1,732 * 0,33

= 1,65 kNm

c. Tekanan air

i. Tekana air luar (Pw)

γ_{air} = 10 kN/m³

P = 3,00 m

Pw = 0,5*P*γ_{air}*P

= 0,5*3,00*10*3,00

= 45,00 kN

Momen = Pw*⅓*P

= 45,00*⅓*3,00

= 403,01 kNm

ii. Beban air (Ww)

P = 3,00 m

B = 23,30 m

Panjang (A-O) = 8,09 m

Ww = γ_{air}*P*B

= 10*3,00*23,30

= 242,70 kN

Momen = Ww*Jarak Lengan

= 242,70*(½*8,09+15,21)

= 4673,19 kNm

3. *Uplift pressure*

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.150 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=I_w/C_w	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	I_w (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
A					0,00	0,00	30,00	30,00
	A - B	1,60	0,00	0,0				
B					1,60	6,33	46,00	39,67
	B - C	0,00	1,50	0,50				
C					2,10	8,31	46,00	37,69
	C - D	0,80	0,80	0,27				
D					3,17	12,54	38,00	25,46
	D - E	0,00	4,50	1,50				
E					4,67	18,47	38,00	19,53
	E - F	4,00	0,00	0,00				
F					8,67	34,31	78,00	43,69
	F - G	0,00	10,00	3,33				
G					12,00	47,51	78,00	30,49
	G - H	1,07	2,00	0,67				
H					13,74	54,38	67,30	12,92
	H - I	0,00	4,50	1,50				
I					15,24	60,32	67,30	6,98
	I - J	0,50	0,00	0,00				
J					15,74	62,30	62,30	0,00
Jumlah		7,97	23,30	7,77				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.151 Harga-harga Minimum Angka Rembesan *Line* (C_L)

No	Jenis Tanah Dasar	C_L
1	Pasir sangat halus atau lanau	8,5
2	Pasir halus	7,0
3	Pasir sedang	6,0
4	Pasir kasar	5,0
5	Kerikil halus	4,0
6	Kerikil sedang	3,5
7	Kerikil kasar termasuk berangkal	3,0
8	Bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikir	2,5
9	Lempung lunak	3,0
10	Lempung sedang	2,0
11	Lempung keras	1,8
12	Lempung sangat keras	1,6

(Sumber: KP-02 Dirjen Pengairan, 1986)

Jenis tanah diarea *spillway* berupa bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil memiliki nilai rembesan *line* sebesar 2,5 didapat dari tabel 4.151.

CL = 2,5 (Sumber: KP-02, Halaman 126)

ΔIw = 15,74 (m)

Hw = 6,23 (m)

Tekanan Air (Sampai Ambang Hilir *Spillway* (Titik I))

$$Cw = \frac{Iw}{Hw}$$

$$= \frac{15,74}{6,23}$$

$$= 2,53$$

Hw*CL = 6,23*2,5

= 15,58

Tabel 4.152 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan	Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	C_L < C_w	Memenuhi
	2,50 < 2,53	
Tekanan Air (Sampai Ambang Hilir *Spillway* (Titik I))	C_w > C_L	Memenuhi
	2,53 > 2,50	

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.153 *Uplift* Ambang Pelimpah Kondisi Air Normal

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	B - C	39,67	37,69	1,50	1,48	10,00	14,85	290,07	-1	89,67	0,00	2,13	23,30	-31,62	-345,91
						56,53	10,00	565,29		-1	89,67	1,50	2,13	21,80	-1204,08	-12323,42
2	Up2	C - D	37,69	25,46	0,80	4,89	10,00	48,89	126,30	-1	89,67	1,50	2,13	21,80	-104,14	-1065,83
						20,37	10,00	203,71		-1	90,47	2,30	2,93	21,00	-596,86	-4277,86
3	Up3	D - E	25,46	43,69	4,50	41,01	10,00	410,09	1188,06	-1	90,47	2,30	2,93	21,00	-1201,55	-8611,79
						196,60	10,00	1966,03		-1	90,47	6,80	2,93	16,50	-5760,46	-32439,43
4	Up4	F - G	43,69	30,49	10,00	65,98	10,00	659,82	1854,56	-1	86,47	6,80	1,07	16,50	-706,01	-10886,99
						304,93	10,00	3049,31		-1	86,47	16,80	1,07	6,50	-3262,76	-19820,53
5	Up5	G - H	30,49	12,92	2,00	17,58	10,00	175,75	217,05	-1	86,47	16,80	1,07	6,50	-188,06	-1142,39
						25,84	10,00	258,36		-1	87,54	18,80	0,00	4,50	0,00	-1162,60
6	Up6	H - I	12,92	6,98	4,50	13,36	10,00	133,61	223,84	-1	87,54	18,80	0,00	4,50	0,00	-601,26
						31,41	10,00	314,08		-1	87,54	23,30	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣMomen Vertikal =								7799,78	649,98	ΣMomen Vertikal =					-13055,53	-92678,02

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.154 Rekapitulasi Gaya Pada Ambang Pelimpah

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A. Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah					
1	G1	57,60		1298,88	
2	G2	126,53		2341,40	
3	G3	7,68		165,38	
4	G4	123,84		1963,48	
5	G5	55,63		775,70	
6	G6	503,42		6700,57	
7	G7	149,78		1551,26	
8	G8	119,07		1170,45	
9	G9	65,94		486,31	
10	G10	24,00		132,00	
11	G11	25,68		149,80	
12	G12	54,00		121,50	
B. Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)					
1	Up	-649,98		-13055,53	
C. Tekanan Tanah					
1	Pa		18,54		0,75
2	PP		-4,95		-1,65
D. Tekanan Hidrostatis					
1	Pw		45,00		45,00
2	Ww	242,70		4673,19	
Jumlah		905,90	58,59	8474,38	44,10

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan gaya dan momen pada ambang pelimpah sebagai berikut:

ΣV = 905,90 kN

ΣH = 58,59 kN

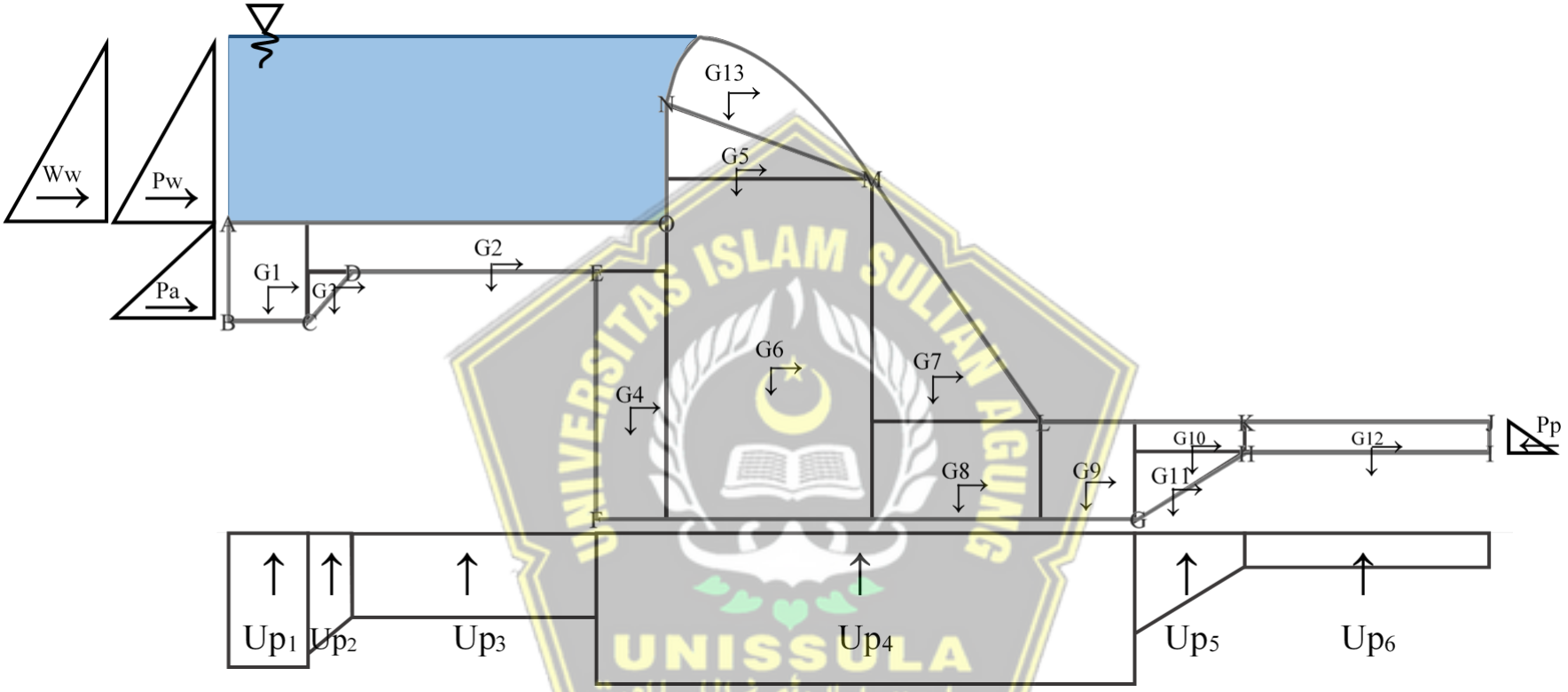
ΣMv = 8474,38 kNm

ΣMh = 44,10 kNm

ΣMo = 8518,48 kNm

ΣUp = 649,98 kNm

ΣG = 1397,90 kNm



Gambar 4.60 Gaya-gaya Pada Ambang Pelimpah Kondisi Air Normal
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Kontrol guling

ΣMv = 8474,38 kNm

ΣMh = 44,10 kNm

SF Guling = 1,5

$\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ = $\frac{8474,38}{44,10}$

= 192,16

Ketentuan Aman = $\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 192,16 > 1,5.....Aman

6. Kontrol guling dengan f = 0,65

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

ΣMv = 8474,38 kNm

ΣMh = 44,10 kNm

SF Guling = 1,5

$f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ = $0,65 * \frac{8474,38}{44,10}$

= 124,90

Ketentuan Aman = $f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 124,90 > 1,5.....Aman

7. Kontrol geser

L = 23,30 m

ΣV = 905,90 kN

ΣH = 58,59 kN

SF Geser = 1,2

α = 25°

Kohesi Tanah (c) = 16 kN/m²

$\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh}$ = $\frac{905,90*\tan(25)+16*23,30}{58,59}$

= 13,57

Ketentuan Aman = $\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh}$ > SF Geser

= 13,57 > 1,2.....Aman

8. Kontrol geser dengan f = 0,65

ΣH = 58,59 kN

ΣUp = 649,98 kNm

ΣG = 1397,90 kNm

SF Geser = 1,2

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

$\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ = $\frac{(1397,90-649,98)*0,65}{58,59}$

= 8,30

Ketentuan Aman = $\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ > SF Geser

= 8,30 > 1,2 .....Aman

9. Kontrol gaya eksentrisitas

L = 23,30 m

ΣV = 905,90 kN

ΣMv = 8474,38 kNm

ΣMh = 44,10 kNm

σ_{Ijin} = 892,93 kN/m²

e = $\left|\frac{\Sigma Mv-\Sigma Mh}{\Sigma V}-\frac{B}{2}\right|$

= $\left|\frac{8474,38-44,10}{905,90}-\frac{23,30}{2}\right|$

= 2,34

$\frac{1}{6}$*L = $\frac{1}{6}$*23,30

= 3,88 m

Ketentuan Aman = e < $\frac{1}{6}$*L

= 2,34 < 3,88.....Aman

σ = $\frac{\Sigma V}{L} * \left(1 \pm \frac{6e}{L}\right)$

= $\frac{905,90}{23,30} * \left(1 \pm \frac{6*2,34}{23,30}\right)$

= 38,88 * (1 ± 0,604)

σmax = 38,88 * (1 + 0,604)

= 62,35 kN/m²

σmin = 38,88 * (1 – 0,604)

= 15,41 kN/m²

Kesimpulan

σmax ≤ σijin

62,35 ≤ 892,93 ..... Aman

0 < σmin < σijin

0 < 15,41 < 892,93 ..... Aman

10. Kontrol piping

Cw = 2,53

SF Guling = 2

Ketentuan Aman = Cw > SF Guling

2,53 > 2 ..... Aman

4.11.1.7. Kondisi muka air banjir

1. Diketahui

H_1	=	1,60	m
H_2	=	0,50	m
Berat jenis tanah	=	20,9	kN/m³
Berat jenis air	=	10	kN/m³
Panjang *spillway* (L)	=	23,30	m
Panjang titik (A-P)	=	8,09	m
Jenis tanah *spillway*	=	Bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil	
f	=	0,65	

2. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$K_a = \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

$= 0{,}703$

$P_a = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a - 2 * c * \sqrt{K_a}$

$= \frac{1}{2} * 10 * 1{,}60^2 * 0{,}703 - 2 * 16 * \sqrt{0{,}703}$

$= 18{,}536$ kN/m

Panjang Lengan = ⅔ * H_1

= ⅔ * 1,6

= 1,07

Momen Pa = P_a*Jarak Lengan

= 18,536 * 1,07

= 0,75 kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

= 1,732

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p + 2 * c * \sqrt{K_p}$

$= \frac{1}{2} * 10 * 0{,}50^2 * 1{,}732 + 2 * 16 * \sqrt{1{,}732}$

= 1,732 kNm

Panjang lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 0,5

= 0,33

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 1,732 * 0,33

= 1,65 kNm

c. Tekanan air

i. Tekana air luar (Pw)

γ_{air} = 10 kN/m³

P = 3,00 m

Hd = 2,11 m

T_{banjir} = 1,49 m (Analisa Hidrolika)

Pw_1 = 0,5*(P+Hd)*γ_{air}*(P+Hd)

= 0,5*(3,00+2,11)*10*(3,00+2,11)

= 130,40 kN

Momen (Pw_1) = Pw_1*(⅓*(P+Hd)+3,73)

= 130,40*(⅓*(3,00+2,11)+3,73)

= 708,39 kNm

Pw_2 = $0.5*T_{banjir}^2*\gamma_{air}$

= $0.5*1,49^2*10$

= 11,12 kN

Momen (Pw_2) = $Pw_2*(⅓*T_{banjir}+0,50)$

= $11,12*(⅓*1,49+0,50)$

= 6,03 kNm

ii. Beban air (Ww)

Hw = 6,23 m

Hd = 2,11 m

Panjang (A-O) = 8,09 m

Ww_1 = $\gamma_{air}*(Hw+Hd)*B$

= $10*(6,23+2,11)*$ 23,30

= 674,46 kN

Momen (Ww_1) = Ww_1*Jarak Lengan

= $504,01*(½*23,30+14,98)$

= 17963,21 kNm

Ww_2 = $\gamma_{air}*(P+Hd)*B$

= $10*(3,00+2,11)*8,09$

= 413,15 kN

Momen (Ww_2) = Ww_2*Jarak Lengan

= $Ww_2*(½*(P+Hd)+ 3,73)$

= $413,15*(½*(3,00+2,11)+ 3,73)$

= 2596,02 kNm

Ww_3 = $0,5*\gamma_{air}*Hd*B$

= $0,5*10*2,11*3,57$

= 37,65 kN

Momen (Ww_3) = Ww_3*Jarak Lengan

= Ww_3*(⅓*Hd+6,31)

= 37,65*(⅓*2,11+6,31)

= 263,87 kNm

Ww_4 = 0,5*γ_{air}*H*B

= 0,5*10*1,85*3,57

= 33,18 kN

Momen (Ww_4) = Ww_4*Jarak Lengan

= Ww_4*(⅔*H+6,31)

= 33,18*(⅔*1,85+6,31)

= 250,30 kNm

Ww_5 = 0,5*γ_{air}*Hd*B

= 0,5*10*2,11*2,10

= 22,20 kN

Momen (Ww_5) = Ww_5*Jarak Lengan

= Ww_5*(⅓*Hd+4,45)

= 22,20*(⅓*2,11+4,45)

= 114,36 kNm

Ww_6 = 0,5*γ_{air}*H*B

= 0.5*10*3,95*3,16

= 62,41 kN

Momen (Ww_6) = Ww_6*Jarak Lengan

= Ww_6*(⅓*H+3,16)

= 62,41*(⅓*3,95+3,16)

= 113,38 kNm

Ww_7 = γ_{air}*T_{banjir}*B

= 10*1,49*8,25

= 123,03 kN

Momen (Ww_7) = Ww_7*Jarak Lengan

= Ww*(½*T_{banjir}+0,50)

= 123,03*(½*1,49+0,50)

= 153,25 kNm

3. *Uplift pressure*

a. Analisa rembesan *line*

Jenis tanah di area *spillway* berupa bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil memiliki nilai rembesan *line* sebesar 2.5 didapat dari tabel 4.151.

CL = 2,5 (KP-02, Halaman 126)

ΔIw = 15,74 (m)

Hw = 6,23 (m)

Tekanan Air (Sampai Ambang Hilir *Spillway* (Titik I))

$Cw = \frac{Iw}{Hw}$

$= \frac{15,74}{6,23}$

= 2,53

Hw*CL = 6,23*2,5

= 15,58

Tabel 4.155 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan	Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	C_L < C_w	Memenuhi
	2,50 < 2,53	
Tekanan Air (Sampai Ambang Hilir *Spillway* (Titik I))	C_w > C_L	Memenuhi
	2,53 > 2,50	

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.156 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=Iw/Cw	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	Iw (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
A					0,00	0,00	92,30	92,30
	A - B	1,60	0,00	0,0				
B					1,60	6,33	108,30	101,97
	B - C	0,00	1,50	0,50				
C					2,10	8,31	108,30	99,99
	C - D	0,80	0,80	0,27				
D					3,17	12,54	100,30	87,76
	D - E	0,00	4,50	1,50				
E					4,67	18,47	100,30	81,83
	E - F	4,00	0,00	0,00				
F					8,67	34,31	140,30	105,99
	F - G	0,00	10,00	3,33				
G					12,00	47,51	140,30	92,79
	G - H	1,07	2,00	0,67				
H					13,74	54,38	129,60	75,22
	H - I	0,00	4,50	1,50				
I					15,24	60,32	129,60	69,28
	I - J	0,50	0,00	0,00				
J					15,74	62,30	124,60	62,30
Jumlah		7,97	23,30	7,77				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.157 *Uplift* Ambang Pelimpah Kondisi Air Banjir

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	B - C	101,97	99,99	1,50	1,48	10,00	14,85	757,32	-1	89,67	0,00	2,13	23,30	-31,62	-345,91
						149,98	10,00	1499,79		-1	89,67	1,50	2,13	21,80	-3194,56	-32695,52
2	Up2	C - D	99,99	87,76	0,80	4,89	10,00	48,89	375,50	-1	89,67	1,50	2,13	21,80	-104,14	-1065,83
						70,21	10,00	702,11		-1	90,47	2,30	2,93	21,00	-2057,18	-14744,26
3	Up3	D - E	87,76	81,83	4,50	13,36	10,00	133,61	1907,87	-1	90,47	2,30	2,93	21,00	-391,49	-2805,88
						368,21	10,00	3682,13		-1	90,47	6,80	2,93	16,50	-10788,64	-60755,14
4	Up4	F - G	105,99	92,79	10,00	65,98	10,00	659,82	4969,56	-1	86,47	6,80	1,07	16,50	-706,01	-10886,99
						927,93	10,00	9279,31		-1	86,47	16,80	1,07	6,50	-9928,86	-60315,53
5	Up5	G - H	92,79	75,22	2,00	17,58	10,00	175,75	840,05	-1	86,47	16,80	1,07	6,50	-188,06	-1142,39
						150,44	10,00	1504,36		-1	87,54	18,80	0,00	4,50	0,00	-6769,60
6	Up6	H - I	75,22	69,28	4,50	13,36	10,00	133,61	1625,59	-1	87,54	18,80	0,00	4,50	0,00	-601,26
						311,76	10,00	3117,58		-1	87,54	23,30	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣMomen Vertikal =								20951,81	1745,98	ΣMomen Vertikal =					-27390,55	-192128,31

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.158 Rekapitulasi Gaya Pada Ambang Pelimpah

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A. Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah					
1	G1	57,60		1298,88	
2	G2	126,53		2341,40	
3	G3	7,68		165,38	
4	G4	123,84		1963,48	
5	G5	55,63		775,70	
6	G6	503,42		6700,57	
7	G7	149,78		1551,26	
8	G8	119,07		1170,45	
9	G9	65,94		486,31	
10	G10	24,00		132,00	
11	G11	25,68		149,80	
12	G12	54,00		121,50	
B. Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)					
1	Up	-1745,98		-27390,55	
C. Tekanan Tanah					
1	Pa		18,54		0,75
2	PP		-4,95		-1,65
D. Tekanan Hidrostatis					
1	Pw_1		130,40		708,39
2	Pw_2		-11,12		-6,03
3	Ww_1	674,46		17963,21	
4	Ww_2	413,15		2596,02	
5	Ww_3	37,65		263,87	
6	Ww_4	33,18		250,30	
7	Ww_5	22,20		114,36	
8	Ww_6	62,41		113,38	
9	Ww_7	123,03		153,25	
Jumlah		933,26	132,88	10920,56	701,47

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan gaya dan momen pada ambang pelimpah sebagai berikut:

$\Sigma V = 933,26$ kN

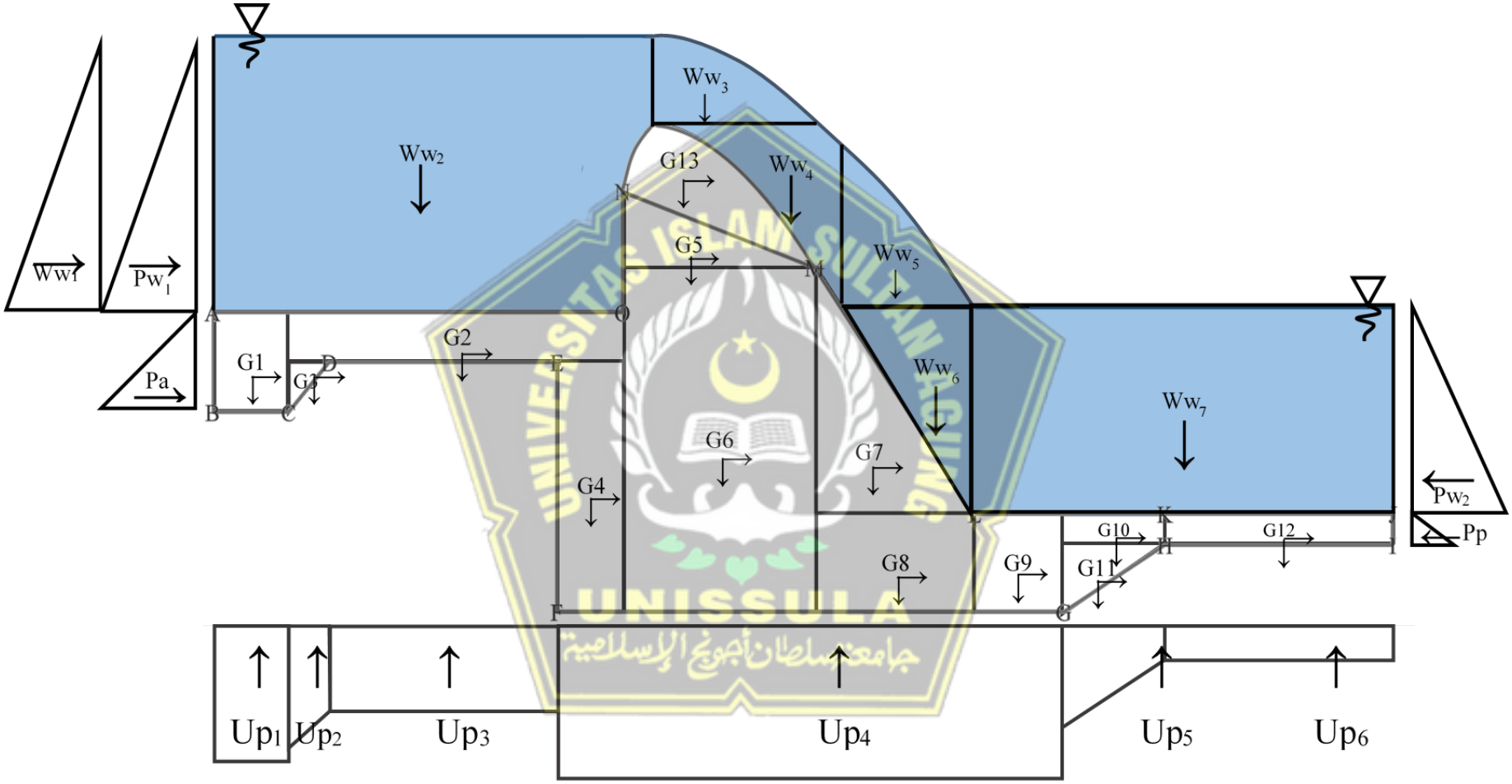
$\Sigma H = 132,88$ kN

$\Sigma Mv = 10920,56$ kNm

$\Sigma Mh = 701,47$ kNm

$\Sigma Up = 1745,98$ kNm

$\Sigma G = 1397,90$ kNm



Gambar 4.61 Gaya-gaya Pada Ambang Pelimpah Kondisi Air Banjir
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Kontrol guling

ΣMv = 10920,56 kNm

ΣMh = 701,47 kNm

SF Guling = 1,5

$\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{10920,56}{701,47}$

= 15,57

Ketentuan Aman = $\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 15,57 > 1,5 .....Aman

6. Kontrol guling dengan f = 0,65

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

ΣMv = 10920,56 kNm

ΣMh = 701,47 kNm

SF Guling = 1,5

$f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = 0,65 * \frac{10920,56}{701,47}$

= 10,12

Ketentuan Aman = $f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 10,12 > 1,5 .....Aman

7. Kontrol geser

L = 23,30 m

ΣV = 933,26 kN

ΣH = 132,88 kN

SF Geser = 1,2

α = 25°

Kohesi Tanah (c) = 16 kN/m²

$\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh} = \frac{933,26*\tan(25)+16*23,30}{132,88}$

= 6,08

Ketentuan Aman = $\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh}$ > SF Geser

= 6,08 > 1,2.....Aman

8. Kontrol geser dengan f = 0,65

ΣUp = 1745,98 kNm

ΣG = 1397,90 kNm

ΣH = 132,88 kN

SF Geser = 1,2

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

$\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ = $\frac{(1397,90-1745,98)*0,65}{132,88}$

= 6,08

Ketentuan Aman = $\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ > SF Geser

= 6,08 > 1,2 .....Aman

9. Kontrol gaya eksentrisitas

L = 23,30 m

ΣV = 933,26 kN

ΣMv = 10920,56 kNm

ΣMh = 701,47 kNm

σ_{Ijin} = 892,93 kN/m²

e = $\left|\frac{\Sigma Mv-\Sigma Mh}{\Sigma V}-\frac{B}{2}\right|$

= $\left|\frac{10920,56-701,47}{933,26}-\frac{23,30}{2}\right|$

= 0,70

$\frac{1}{6}$*L = $\frac{1}{6}$*23,30

= 3,88 m

Ketentuan Aman = e < $\frac{1}{6}$*L

= 0,70 < 3,88.....Aman

σ = $\frac{\Sigma V}{L} * \left(1 \pm \frac{6e}{L}\right)$

= $\frac{933,26}{23,30} * \left(1 \pm \frac{6*0,70}{23,30}\right)$

= 40,05* (1 ± 0,180)

σmax = 40,05 * (1 + 0,180)

= 47,27 kN/m²

σmin = 40,05 * (1 – 0,180)

= 32,83 kN/m²

Kesimpulan

σmax ≤ σijin

47,27 ≤ 892,93 ..... Aman

0 < σmin < σijin

0 < 32,83 < 892,93 ..... Aman

10. Kontrol piping

Cw = 2,53

SF Guling = 2

Ketentuan Aman = Cw > SF Guling

2,53 > 2 ..... Aman

4.11.1.8. Kesimpulan analisa stabilitas ambang pelimpah

1. Kesimpulan kondisi muka air normal

Tabel 4.159 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (Uplift)	ΔIw	>	Hw*CL	15,74	>	15,58	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	192,16	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	124,90	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	13,57	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	8,30	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	62,35	≤	892,93	Aman
7	σmin	0 < σmin	<	σijin	15,41	<	892,93	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	2,34	<	3,88	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	2,53	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Kesimpulan kondisi muka air banjir

Tabel 4.160 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (Uplift)	ΔIw	>	Hw*CL	15,74	>	15,58	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	15,57	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	10,12	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	6,08	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	1,70	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	47,27	≤	892,93	Aman
7	σmin	0 < σmin	<	σijin	32,83	<	892,93	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	0,70	<	3,88	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	2,53	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.2 Dinding Penahan Saluran Samping

4.11.2.1. Diketahui

Qinflow	=	254.09	m^3/dt
Qoutflow	=	145.94	m^3/dt
Hd	=	2.11	m
Berat Jenis Material Beton	=	2400	kg/m^3
	=	24	kN/m^3
Lebar	=	2.85	m
Tinggi	=	3.23	m
T Banjir	=	5.34	m
Panjang	=	1	m
q	=	1	
Panjang Dinding	=	12.35	m
D	=	1.57	m
B	=	12.35	m

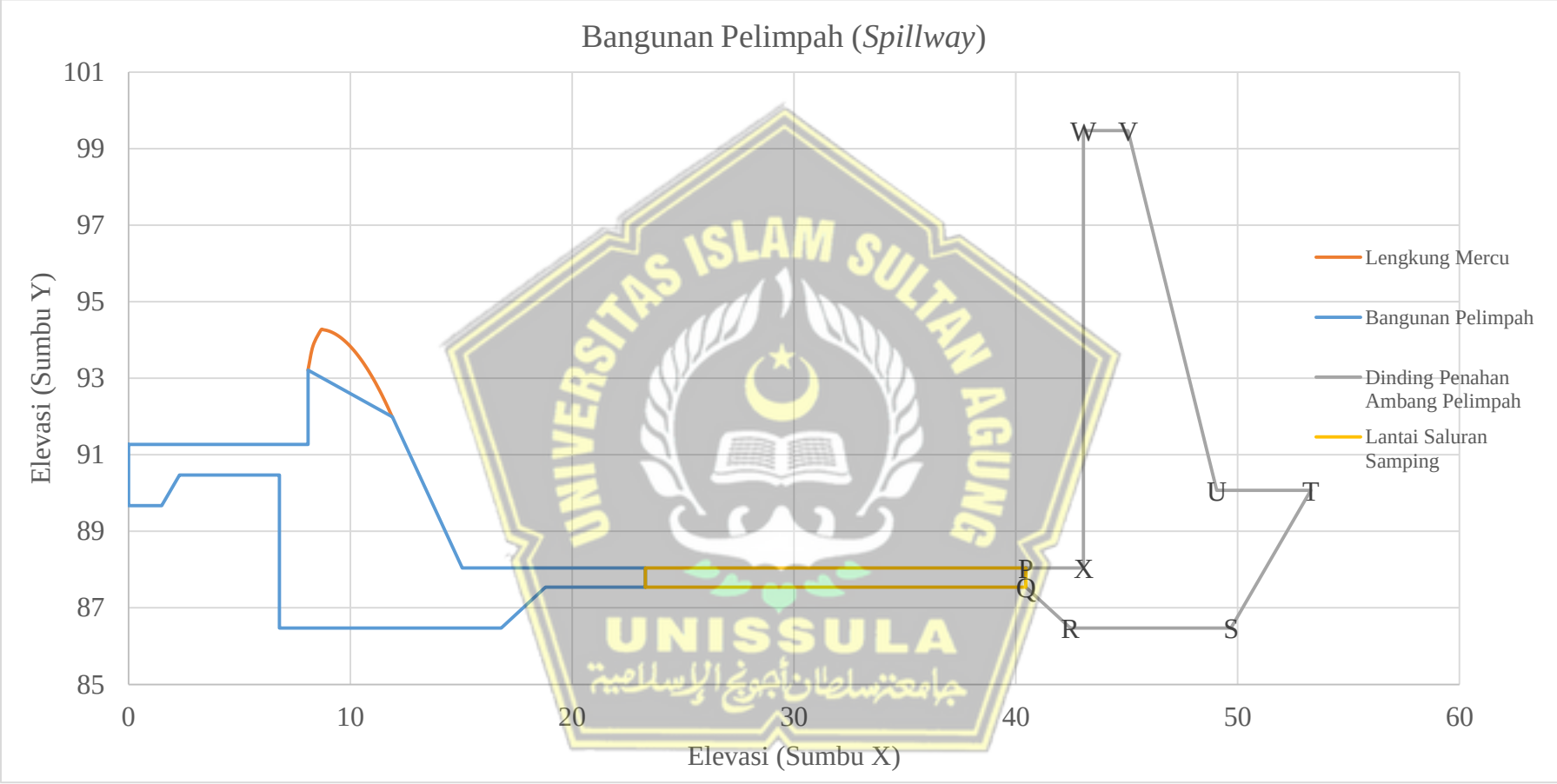
4.11.2.2. Letak koordinat

1. Koordinat dinding penahan saluran samping

Tabel 4.161 Koordinat Dinding Penahan

Dinding Penahan Ambang Pelimpah				
Titik	Jarak Koordinat		Elevasi	
	Vertikal (m)	Horizontal (m)	Vertikal (m)	Horizontal (m)
P	0,00	0,00	88,04	40,45
Q	0,50	0,00	87,54	40,45
R	1,07	2,00	86,47	42,45
S	0,00	7,25	86,47	49,70
T	3,60	3,60	90,07	53,30
U	0,00	4,25	90,07	49,05
V	9,40	4,00	99,47	45,05
W	0,00	2,00	99,47	43,05
X	11,43	0,00	88,04	43,05

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



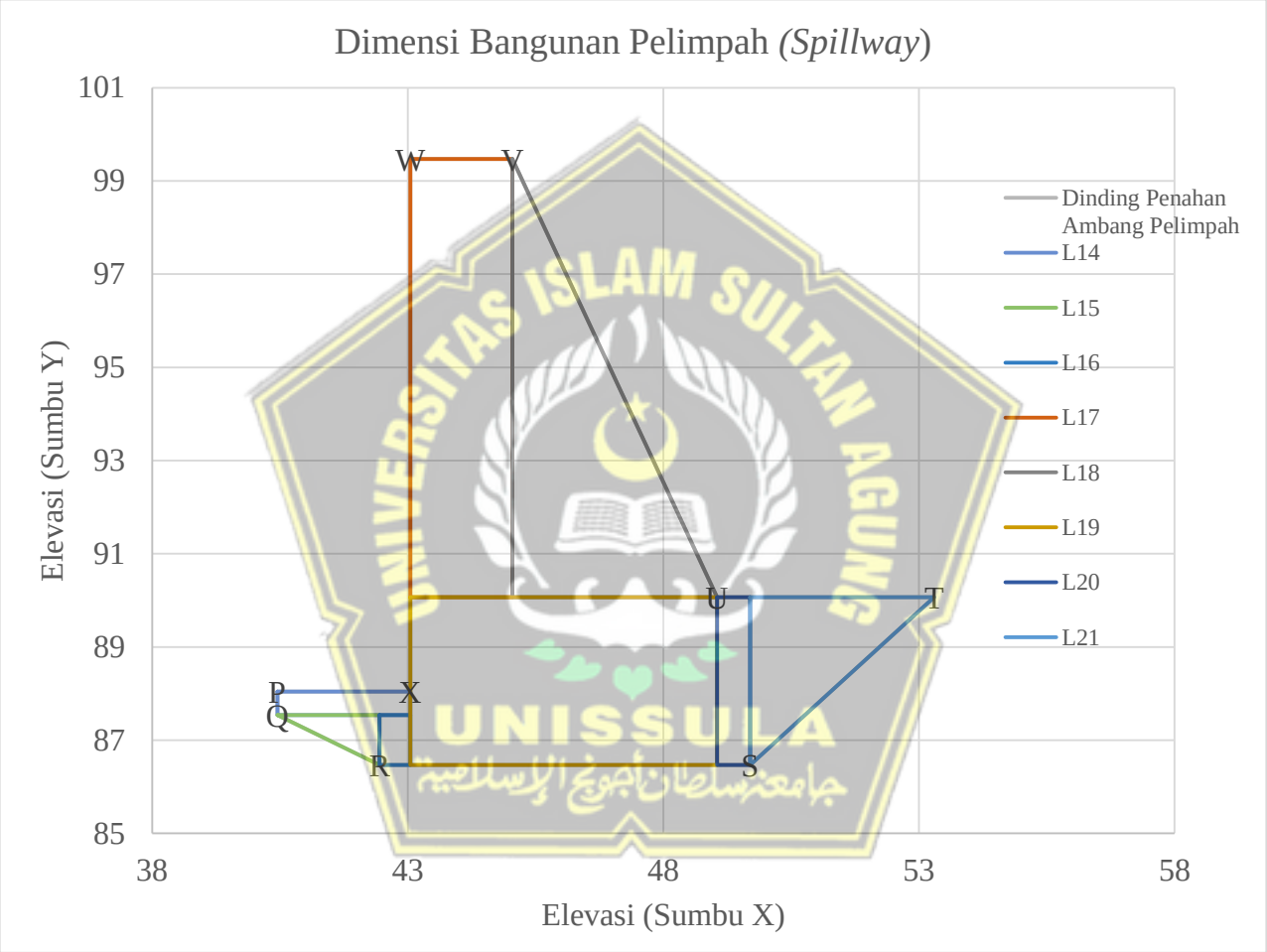
Gambar 4.62 Koordinat Dinding Penahan Saluran Samping
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.2.3. Analisa luasan dinding penahan saluran samping

Tabel 4.162 Analisa Luasan Dinding Penahan Saluran Samping

Notasi	P	L	t	Bangun	Rumus	Luas	Titik Berat		Koordinat Titik Berat		Jarak Lengan Terhadap Titik I	
	(m)	(m)	(m)			(m^2)	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal
L14	0,50	2,60		Persegi	P*L	1,30	0,25	1,30	87,79	24,60	0,25	1,30
L15		2,00	1,07	Segitiga	½*P*L	1,07	0,36	1,33	87,18	24,63	0,36	1,33
L16	1,07	0,60		Persegi	P*L	0,64	0,53	0,30	87,01	25,60	0,53	2,30
L17	9,40	2,00		Persegi	½*P*L	18,80	4,70	1,00	94,77	26,90	7,23	3,60
L18		4,00	9,40	Segitiga	½*P*L	18,80	6,27	1,33	93,20	29,23	5,66	5,93
L19	3,60	6,00		Persegi	½*P*L	21,60	1,80	3,00	88,27	28,90	0,73	5,60
L20	3,60	0,65		Persegi	½*P*L	2,34	1,80	0,32	88,27	32,23	0,73	8,92
L21		3,60	3,60	Segitiga	½*P*L	6,48	1,20	1,20	88,87	33,75	1,33	10,45

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.63 Analisa Luasan dinding penahan saluran samping
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.2.4. Perhitungan Momen

Tabel 4.163 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen

Notasi	Luas L m^2	Volume V m^3	Berat Jenis γ kN/m^3	Gaya kN	Jarak Lengan		Momen	
					Vertikal m	Horizontal m	ΣM.V kNm	ΣM.H kNm
G14	1,30	1,30	24	31,20	0,25	18,45	575,64	7,80
G15	1,07	1,07	24	25,68	0,36	18,48	474,65	9,16
G16	0,64	0,64	24	15,41	0,53	19,45	299,69	8,24
G17	18,80	18,80	24	451,20	7,23	20,75	9362,40	3262,18
G18	18,80	18,80	24	451,20	5,66	23,08	10415,20	2555,30
G19	21,60	21,60	24	518,40	0,73	22,75	11793,60	378,43
G20	2,34	2,34	24	56,16	0,73	26,08	1464,37	41,00
G21	6,48	6,48	24	155,52	1,33	27,60	4292,35	206,84
Jumlah (Σ)				1704,77	16,83	176,64	38677,90	6468,94

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.2.5. Analisa daya dukung tanah

c = 0,16 kg/cm²

= 16 kN/m²

α = 25°

SF = 3

D = 1,57 m

B = 12,85 m

Nc = 20,70

Nγ = 8,10

Nq = 10,70

qult = c . Nc + γb . D . Nq + 0,5 . γb .B . Nγ

= 16*20,70 + 20,9*1,57*10,70 + 0,5* 20,9*12,85*8,10

= 1789,10 kN/m²

$\sigma Ijin = \frac{qult}{SF}$

$= \frac{1789,10}{3}$

= 596,37 kN/m²

4.11.2.6. Kondisi muka air normal

1. Diketahui

H_1	=	9,40	m
H_2	=	0,50	m
Berat jenis tanah	=	20,9	kN/m³
Berat jenis air	=	10	kN/m³
Panjang dinding (L)	=	12,35	m
Jenis tanah *spillway*	=	Bongkahan dengan sedikit berangkal dan kerikil	
f	=	0,65	

2. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$K_a = tg^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

$= 0{,}703$

$P_{a1} = q * Ka * H_1$

$= 1 * 0{,}703 * 9{,}40$

$= 6{,}61$ kN/m

Lengan P_{a1} = ½ * H_1 + 2,03

= ½ * 9,40 + 2,03

= 7,23

Momen P_{a1} = P_a*Jarak Lengan

= 6,61* 7,23

= 47,77 kNm

$P_{a2} = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a$

$= \frac{1}{2} * 10 * 9{,}40^{\,2} * 0{,}703$

= 310,55 kN/m

Lengan P_{a2} = ⅔ * H_1 + 2,03

= ⅔ * 9,40 + 2,03

= 8,80

Momen P_{a2} = P_a*Jarak Lengan

= 310,55* 8,80

= 2731,84kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

$= 1{,}732$

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p$

$= \frac{1}{2} * 10 * 0{,}50^2 * 1{,}732$

$= 2{,}16$ kNm

Panjang lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 0,5

= 0,33

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 2,16* 0,33

= 0,72 kNm

c. Tekanan air

i. Tekana air luar (Pw)

γ_{air} = 10 kN/m³

Tinggi = 3,23 m

Pw = 0,5*t^2*γ_{air}*p

= 0,5*$(3{,}23)^2$*10*1

= 52,16 kN

Momen = Pw*⅓*t

= 52,16*⅓*3,23

= 56,16 kNm

ii. Beban air (Ww)

Lebar = 2,60 m

Tinggi = 3.23 m

Panjang = 1 m

Ww = γ_{air}*(l *t* p)

= 10*(2,60*3,23*1)

= 83,98 kN

Momen = Ww*Jarak Lengan

= Ww *(½*t+H_2)

= 83,98*(½*2,60+0,5)

= 177,62 kNm

d. Tekanan Beban Timbunan

γt = 9,6 kN/m^3

l = 9,40 m

t = 4,00 m

p = 1 m

Ws_1 = (½ x l x t x p) x γt

= (½ x 9,40 x 4,00 x 1) x 9,6

= 180,48 kN

Momen = Ws_1*Jarak Lengan

= 180,48* (⅓*9,40+2,53)

= 1022,12 kNm

Ws_2 = (l x t x p) x γt

= (9.40 x 4,00 x 1) x 9,6

= 383,52 kN

Momen = Ws_2*Jarak Lengan

= 383,52*(½*9,40+2,53)

= 2772,85 kNm

3. *Uplift pressure*

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.164 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=I_w/C_w	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	I_w (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
J					0,00	0,00	32,30	32,30
	J - I	0,50	0,00	0,0				
I					0,50	1,07	37,30	36,23
	I - P	1,07	2,00	0,67				
P					2,24	4,80	48,00	43,20
	P - Q	0,00	7,25	2,42				
Q					4,65	9,99	48,00	38,01
	Q - R	3,60	3,60	1,20				
R					9,45	20,30	12,00	8,30
Jumlah		5,17	12,85	4,28				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

CL = 2,5 (Sumber: KP-02, Halaman 126)

ΔIw = 9,45 (m)

Hw = 2,03 (m)

Tekanan Air (Sampai Titik E)

$$Cw = \frac{Iw}{Hw}$$

$$= \frac{9,45}{2,03}$$

$$= 4,66$$

Hw*CL = 2.03*2.5

= 5.08

Tabel 4.165 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan			Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	CL	<	Cw	
	2,50	<	4,66	Memenuhi
Tekanan Air (Titik E)	Cw	>	CL	
	4,66	>	2,50	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.166 *Uplift* Dinding Penahan Saluran Samping Kondisi Air Normal

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	I - P	36,23	43,20	2,00	6,97	10,00	69,71	466,82	-1	87,54	23,30	0	0,00	0,00	0,00
						86,39	10,00	863,94		-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-924,42	-1727,88
2	Up2	P - Q	43,20	38,01	7,25	18,81	10,00	188,12	1471,83	-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-201,29	-376,24
						275,55	10,00	2755,54		-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-2948,43	-25488,76
3	Up3	Q - R	38,01	8,30	3,60	53,47	10,00	534,73	416,77	-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-572,17	-4946,29
						29,88	10,00	298,80		-1	90,07	36,15	2,53	12,85	-755,96	-3839,58
ΣMomen Vertikal =								4710,84	785,14					ΣMomen Vertikal =	-5402,26	-36378,76

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.167 Rekapitulasi Gaya Dinding Penahan Saluran Samping

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A.	Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah				
1	G14	31,20		2341,40	
2	G15	25,68		165,38	
3	G16	15,41		1963,48	
4	G17	451,20		775,70	
5	G18	451,20		6700,57	
6	G19	518,40		1551,26	
7	G20	56,16		1170,45	
8	G21	155,52		486,31	
B.	Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)				
1	Up	-785,14		-5402,26	
C.	Tekanan Tanah				
1	Pa1		6,61		47,77
2	Pa2		310,55		2731,84
3	Pp		-2,16		-0,72
D.	Tekanan Hidrostatis				
1	Pw		-52,16		-56,16
2	Ww	83,98		177,62	
C.	Tekanan Timbunan				
1	Ws1	180,48		1022,12	
2	Ws2	383,52		2772,85	
Jumlah		1567,61	262,83	13724,87	2722,73

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan gaya dan momen pada ambang pelimpah sebagai berikut:

ΣV = 1567,61 kN

ΣH = 262,83 kN

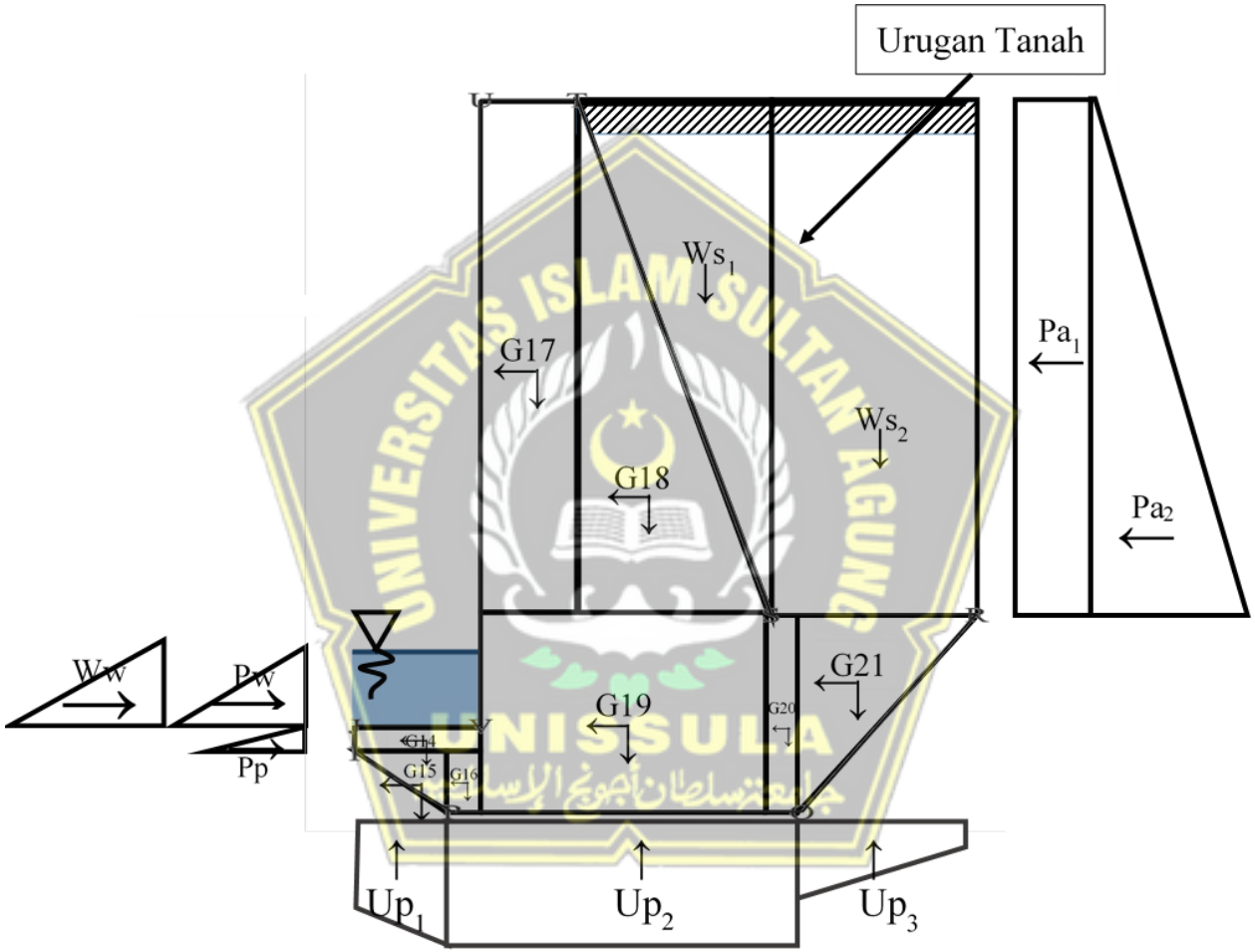
ΣMv = 13724,87 kNm

ΣMh = 2722,73 kNm

ΣMo = 16447,60 kNm

ΣUp = 785,14 kN

ΣG = 1704,77 kN



Gambar 4.64 Gaya-gaya Pada Dinding Penahan Kondisi Air Normal
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

5. Kontrol guling

ΣMv = 13724,87 kNm

ΣMh = 2722,73 kNm

SF Guling = 1,5

$\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{13724,87}{2722,73}$

= 5,04

Ketentuan Aman = $\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 5,04 > 1,5 .....Aman

6. Kontrol guling dengan f = 0.65

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

ΣMv = 13724,87 kNm

ΣMh = 2722,73 kNm

SF Guling = 1,5

$f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = 0,65 * \frac{13724,87}{2722,73}$

= 3,28

Ketentuan Aman = $f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 3,28 > 1,5 .....Aman

7. Kontrol geser

L = 12,85 m

ΣV = 1567,61 kN

ΣH = 262,83 kN

SF Geser = 1,2

α = 25°

Kohesi Tanah (c) = 16 kN/m²

$\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh} = \frac{1567,61*20*\tan(25)+16*12,85}{262,83}$

= 3,65

Ketentuan Aman = $\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh}$ > SF Geser

= 3,65 > 1.2.....Aman

8. Kontrol geser dengan f = 0.65

ΣUp = 785,14 kN

ΣG = 1704,77 kN

ΣH = 262.83 kN

SF Geser = 1.2

f = 0.65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

$\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ = $\frac{(1704,77-785,14)*0,65}{207,66}$

= 2.27

Ketentuan Aman = $\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ > SF Geser

= 2.27 > 1.2 .....Aman

9. Kontrol gaya eksentrisitas

L = 12,85 m

ΣV = 1567,61 kN

ΣMv = 13724,87 kNm

ΣMh = 2722,73 kNm

σ_{Ijin} = 596,37 kN/m²

e = $\left|\frac{\Sigma Mv-\Sigma Mh}{\Sigma V}-\frac{B}{2}\right|$

= $\left|\frac{13724,87-2722,73}{1567,61}-\frac{12,85}{2}\right|$

= 0,59

$\frac{1}{6}$*L = $\frac{1}{6}$*12,85

= 2,14 m

Ketentuan Aman = e < $\frac{1}{6}$*L

= 0,59 < 2,14.....Aman

$\sigma = \frac{\Sigma V}{L} * \left(1 \pm \frac{6e}{L}\right)$

$= \frac{1567,61}{12,85} * \left(1 \pm \frac{6*0,59}{12,85}\right)$

$= 121,99 * (1 \pm 0,277)$

$\sigma max = 121,99 * (1 + 0,277)$

$= 155,80 \quad kN/m^2$

$\sigma min = 121,99 * (1 - 0,277)$

$= 88,91 \quad kN/m^2$

Kesimpulan

$\sigma max \leq \sigma ijin$

$155,80 \leq 596,37$ ..... Aman

$0 < \sigma min < \sigma ijin$

$0 < 88,91 < 596,37$ ..... Aman

10. Kontrol piping

Cw = 4,66

SF Guling = 2

Ketentuan Aman = Cw > SF Guling

4,66 > 2 ..... Aman

4.11.2.7. Kondisi muka air banjir

1. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$K_a = tg^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

= 0,703

P_{a1} = q * Ka * H_1

= 1 * 0,703 * 9,40

= 6,61 kN/m

Lengan P_{a1} = ½ * H_1 + 2,03

= ½ * 9,40 + 2,03

= 7,23

Momen P_{a1} = P_a*Jarak Lengan

= 6,61* 7,23

= 47,77 kNm

$P_{a2} = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a$

$= \frac{1}{2} * 10 * 9{,}40^{\,2} * 0{,}703$

= 310,55 kN/m

Lengan P_{a2} = ⅔ * H_1 + 2,03

= ⅔ * 9,40 + 2,03

= 8,80

Momen P_{a2} = P_a*Jarak Lengan

= 310,55* 8,80

= 2731,84kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

= 1,732

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p$

$= \frac{1}{2} * 10 * 0{,}50^2 * 1{,}732$

= 2,16 kNm

Panjang lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 0,5

= 0,33

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 2,16* 0,33

= 0,72 kNm

c. Tekanan air

i. Tekana air luar (Pw)

γ_{air} = 10 kN/m³

T Banjir = 5.34 m

Pw = $0.5*t^2*\gamma_{air}*p$

= $0.5*(5.34)^2*10*1$

= 142.41 kN

Momen = Pw*⅓*t

= 142.41*⅓*5.34

= 153.33 kNm

ii. Beban air (Ww)

Lebar = 2,60 m

T Banjir = 5,34 m

Panjang = 1 m

Ww = γ_{air}*(l *t* p)

= 10*(2,60*5,34*1)

= 138,76 kN

Momen = Ww*Jarak Lengan

= Ww *(½*t+H_2)

= 138,76*(½*5,34+0,5)

= 439,66 kNm

d. Tekanan beban timbunan

γt = 9,6 kN/m^3

l = 9,40 m

t = 4,00 m

p = 1 m

Ws_1 = (½ x l x t x p) x γt

= (½ x 9,40 x 4,00 x 1) x 9,6

= 180,48 kN

Momen = Ws_1*Jarak Lengan

= 180,48* (⅓*9,40+2,53)

= 1022,12 kNm

Ws_2 = (l x t x p) x γt

= (9.40 x 4,00 x 1) x 9,6

= 383,52 kN

Momen = Ws_2*Jarak Lengan

= 383,52*(½*9,40+2,53)

= 2772,85 kNm

2. *Uplift pressure*

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.168 Panjang Rembesan Kondisi Air Banjir

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=I_w/C_w (kN/m²)	H (kN/m²)	P=H-ΔH (kN/m²)
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	I_w (m)			
J					0,00	0,00	53,37	53,37
	J - I	0,50	0,00	0,0				
I					0,50	1,07	58,37	57,30
	I - P	1,07	2,00	0,67				
P					2,24	4,80	69,07	64,27
	P - Q	0,00	7,25	2,42				
Q					4,65	9,99	69,07	59,08
	Q - R	3,60	3,60	1,20				
R					9,45	20,30	33,07	12,77
Jumlah		5,17	12,85	4,28				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

CL = 2,5 (Sumber: KP-02, Halaman 126)

ΔIw = 9,45 (m)

Hw = 2,03 (m)

Tekanan Air (Sampai Titik E)

$Cw = \frac{Iw}{Hw}$

$= \frac{9,45}{2,03}$

= 4,66

Hw*CL = 2,03*2,5

= 5,08

Tabel 4.169 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan			Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	CL	<	Cw	Memenuhi
	2,50	<	4,66	
Tekanan Air (Titik E)	Cw	>	CL	Memenuhi
	4,66	>	2,50	

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.170 *Uplift* Dinding Penahan Saluran Samping Kondisi Air Banjir

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	I - P	57,30	64,27	2,00	6,97	10,00	69,71	677,52	-1	87,54	23,30	0	0,00	0,00	0,00
						128,53	10,00	1285,33		-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-1375,30	-2570,65
2	Up2	P - Q	64,27	59,08	7,25	18,81	10,00	188,12	2235,59	-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-201,29	-376,24
						428,31	10,00	4283,07		-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-4582,88	-39618,36
3	Up3	Q - R	59,08	12,77	3,60	83,35	10,00	833,53	646,61	-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-891,88	-7710,19
						45,97	10,00	459,69		-1	90,07	36,15	2,53	12,85	-1163,03	-5907,08
ΣMomen Vertikal =								7119,45	1186,57	ΣMomen Vertikal =					-8214,38	-56182,53

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

3. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.171 Rekapitulasi Gaya Dinding Penahan Saluran Samping

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A.	Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah				
1	G14	31,20		2341,40	
2	G15	25,68		165,38	
3	G16	15,41		1963,48	
4	G17	451,20		775,70	
5	G18	451,20		6700,57	
6	G19	518,40		1551,26	
7	G20	56,16		1170,45	
8	G21	155,52		486,31	
B.	Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)				
1	Up	-1186,57		-8214,38	
C.	Tekanan Tanah				
1	Pa1		6,61		47,77
2	Pa2		310,55		2731,84
3	Pp		-2,16		-0,72
D.	Tekanan Hidrostatis				
1	Pw		-142,41		-153,33
2	Ww	138,76		439,66	
C.	Tekanan Timbunan				
1	Ws1	180,48	0,00	1022,12	
2	Ws2	383,52	0,00	2772,85	
Jumlah		1220,95	172,58	11174,79	2625,56

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan gaya dan momen pada ambang pelimpah sebagai berikut:

ΣV = 1220,95 kN

ΣH = 172,58 kN

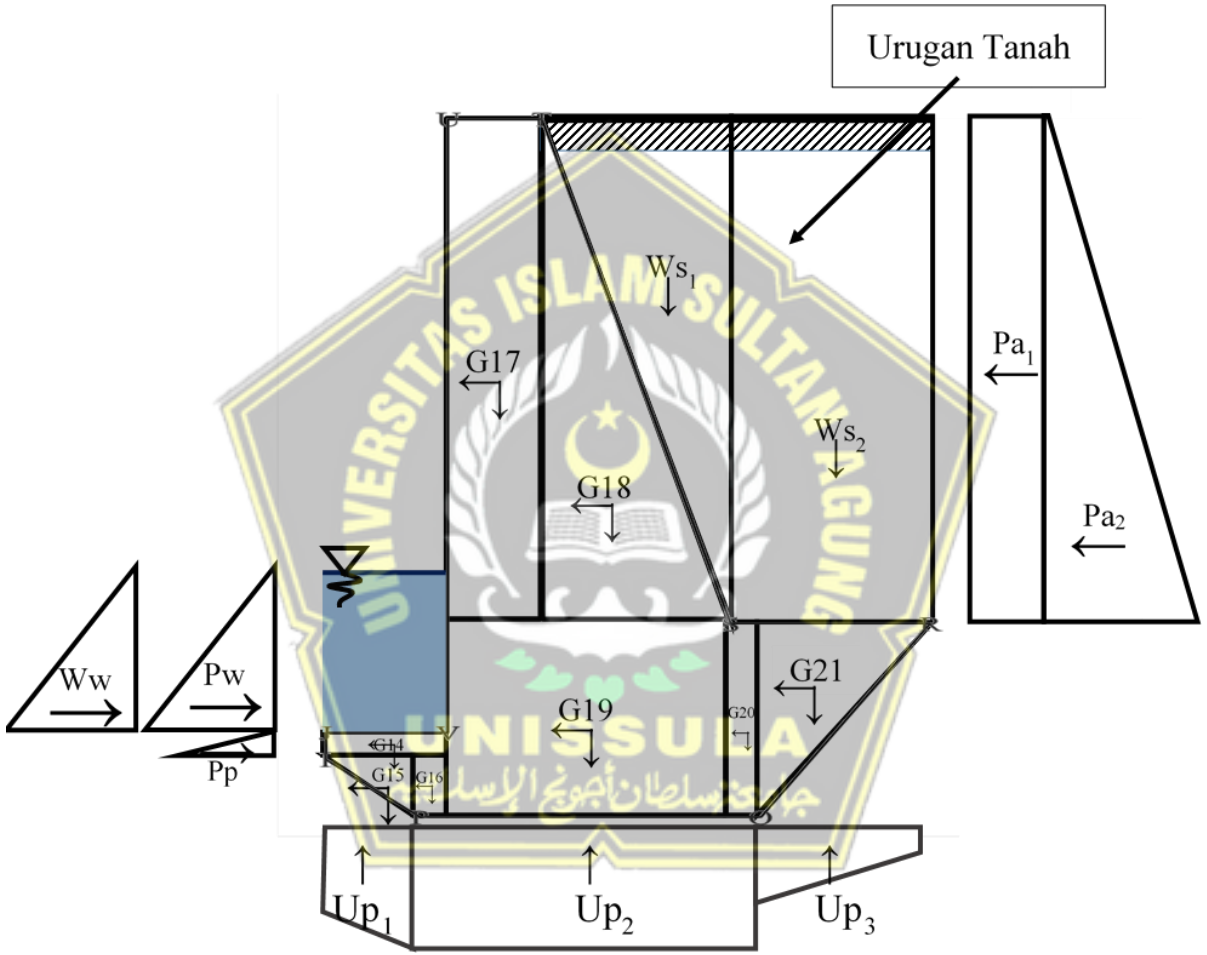
ΣMv = 11174,79 kNm

ΣMh = 2625,56 kNm

ΣMo = 13800,35 kNm

ΣUp = 1186,57 kN

ΣG = 1704,77 kN



Gambar 4.65 Gaya-gaya Pada Dinding Penahan Kondisi Air Banjir
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4. Kontrol guling

ΣMv = 11174,79 kNm

ΣMh = 2625,56 kNm

SF Guling = 1,5

$$\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = \frac{11174,79}{2625,56}$$

$$= 4,26$$

Ketentuan Aman = $\frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 4,26 > 1,5 .....Aman

5. Kontrol guling dengan f = 0,65

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

ΣMv = 11174,79 kNm

ΣMh = 2625,56 kNm

SF Guling = 1,5

$$f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} = 0,65 * \frac{11174,79}{2625,56}$$

$$= 2,77$$

Ketentuan Aman = $f * \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH}$ > SF Guling

= 2,77 > 1,5 .....Aman

6. Kontrol geser

L = 12,85 m

ΣV = 1220,95 kN

ΣH = 172,58 kN

SF Geser = 1,2

α = 25°

Kohesi Tanah (c) = 16 kN/m²

$$\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh} = \frac{1220,95*20*\tan(25)+16*12,85}{172,58}$$

$$= 4,49$$

Ketentuan Aman = $\frac{Rv*tgn(\alpha)+C*L}{Rh}$ > SF Geser

= 4,49 > 1,2.....Aman

7. Kontrol geser dengan f = 0,65

ΣUp = 1186,57 kN

ΣG = 1704,77 kN

ΣH = 172,58 kN

SF Geser = 1,2

f = 0,65 (Perkiraan Koefisien Gesekan)

$\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ = $\frac{(1704,77-1186,57)*0,65}{172,58}$

= 1,95

Ketentuan Aman = $\frac{(\Sigma G-\Sigma pu)*f}{\Sigma h}$ > SF Geser

= 1,95 > 1,2 .....Aman

8. Kontrol gaya eksentrisitas

L = 12,85 m

ΣV = 1220,95 kN

ΣMv = 11174,79 kNm

ΣMh = 2625,56 kNm

σ_{Ijin} = 596,16 kN/m²

e = $\left|\frac{\Sigma Mv-\Sigma Mh}{\Sigma V}-\frac{B}{2}\right|$

= $\left|\frac{11174,79-2625,56}{1220,95}-\frac{12,85}{2}\right|$

= 0,58

$\frac{1}{6}$*L = $\frac{1}{6}$*12,85

= 2,14 m

Ketentuan Aman = e < $\frac{1}{6}$*L

= 0,58 < 2,14.....Aman

σ = $\frac{\Sigma V}{L} * \left(1 \pm \frac{6e}{L}\right)$

= $\frac{1220,95}{12,85} * \left(1 \pm \frac{6*0,58}{12,85}\right)$

= 95,02 * (1 ± 0,269)

σmax = 95,02 * (1 + 0,269)

= 120,60 kN/m^2

σmin = 95,02 * (1 - 0,269)

= 69,41 kN/m^2

Kesimpulan

σmax ≤ σijin

120,62 ≤ 596,16 ..... Aman

0 < σmin < σijin

0 < 69,41 < 596,16 ..... Aman

9. Kontrol piping

Cw = 4.66

SF Guling = 2

Ketentuan Aman = Cw > SF Guling

4.66 > 2 ..... Aman

4.11.2.8. Kesimpulan analisa stabilitas dinding penahan saluran samping

1. Kesimpulan kondisi muka air normal

Tabel 4.172 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)	ΔIw	>	Hw*CL	9,45	>	5,08	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	5,04	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	3,28	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	3,56	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	2,27	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	155,80	≤	596,37	Aman
7	σmin	0 <	σmin	< σijin	88,19	<	596,37	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	0,59	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	4,66	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Kesimpulan kondisi muka air banjir

Tabel 4.173 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)	ΔIw	>	Hw*CL	9,45	>	5,08	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	4,26	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	2,77	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	4,49	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	1,95	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	120,62	≤	596,37	Aman
7	σmin	0	<	σmin < σijin	69,41	<	596,37	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	0,58	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	4,66	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.3 Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A

4.11.3.1. Diketahui

Berat jenis beton bertulang	=	2.400	kg/m^3
	=	24	kN/m^3
Berat jenis beton tumbuk	=	23	kN/m^3
Lebar	=	14	m
T Banjir	=	1,49	m
Panjang	=	2	m
q	=	1	
D	=	1,60	m
B	=	23,75	m

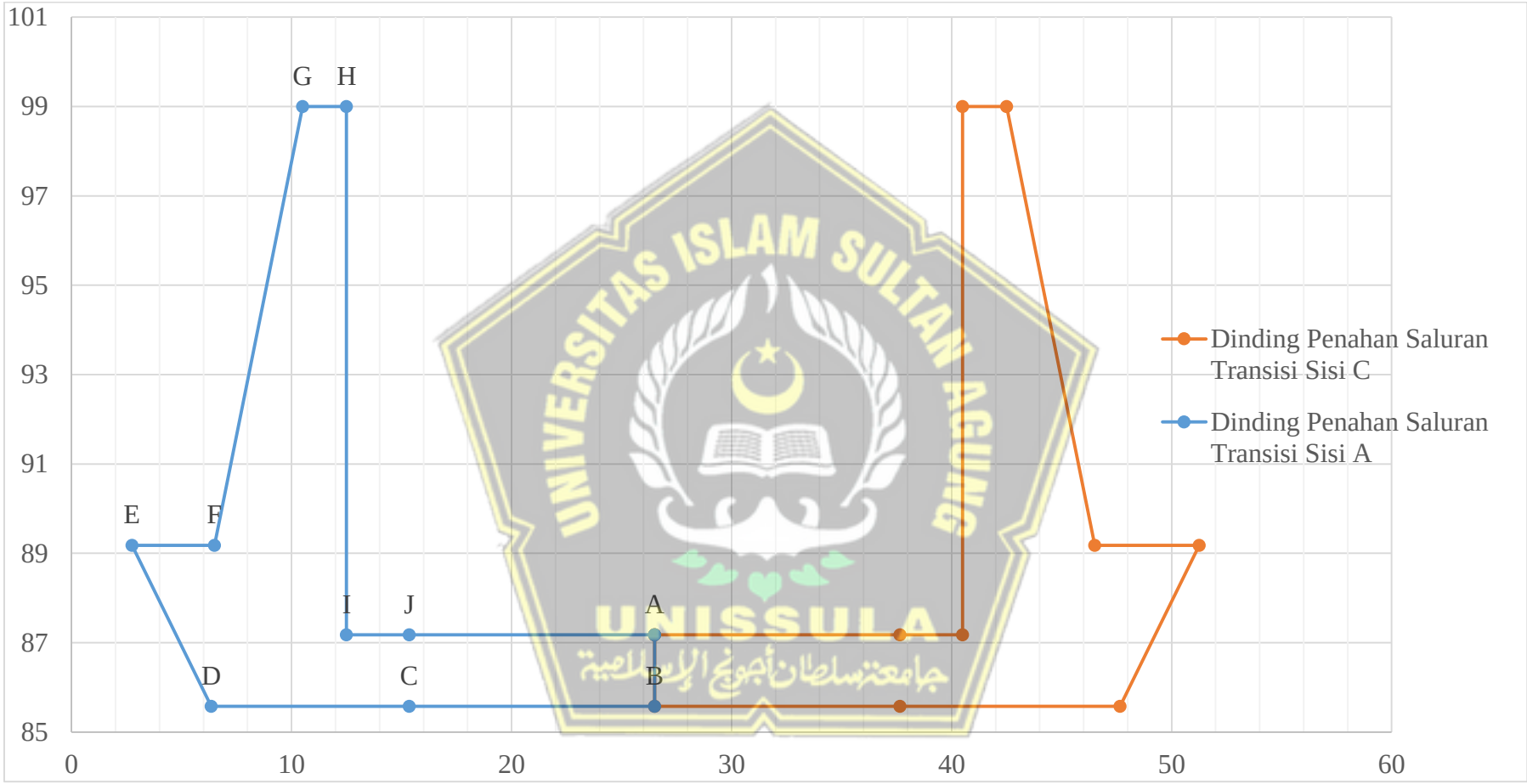
4.11.3.2. Letak koordinat

1. Koordinat dinding penahan saluran transisi

Tabel 4.174 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A

Titik	Jarak Koordinat		Elevasi	
	Vertikal (m)	Horizontal (m)	Vertikal (m)	Horizontal (m)
A	0,00	0,00	87,18	26,50
B	1,60	0,00	85,58	26,50
C	0,00	11,15	85,58	15,35
D	0,00	9,00	85,58	6,35
E	3,60	3,60	89,18	2,75
F	0,00	3,75	89,18	6,50
G	9,82	4,00	99,00	10,50
H	0,00	2,00	99,00	12,50
I	11,82	0,00	87,18	12,50
J	0,00	2,85	87,18	15,35

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



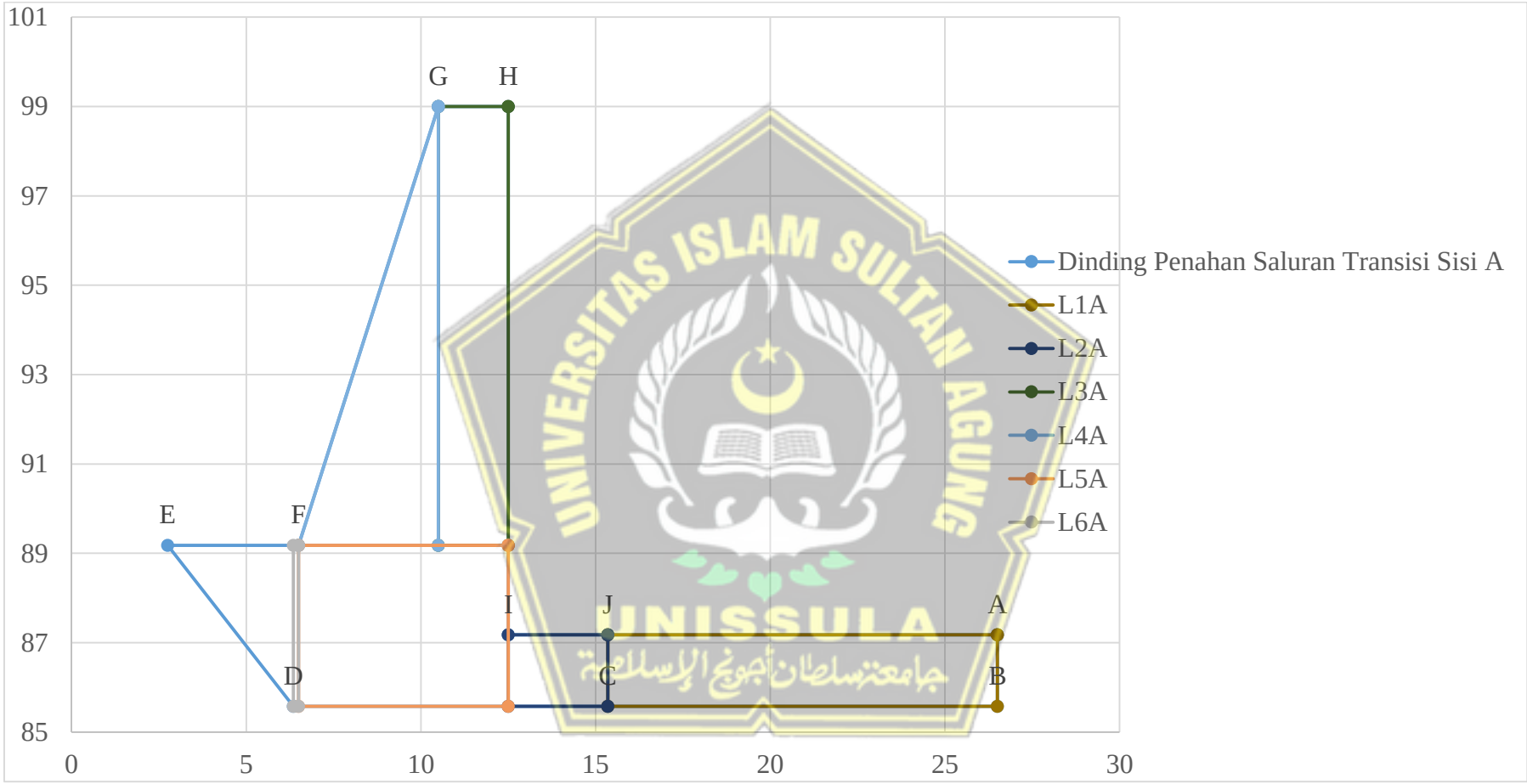
Gambar 4.66 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.3.3. Analisa luasan dinding saluran transisi awal segmen a

Tabel 4.175 Luasan Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A

Notasi	P	L	t	Bangun	Rumus	Luas	Titik Berat		Koordinat Titik Berat		Jarak Lengan Terhadap Titik B	
	(m)	(m)	(m)			(m^2)	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal
L1A	1,60	11,15	0,00	Persegi	P*L*t	17,84	0,80	5,58	86,38	20,93	0,80	5,58
L2A	1,60	2,85	0,00	Persegi	P*L*t	4,56	0,80	1,43	86,38	13,93	0,80	12,58
L3A	9,82	2,00	0,00	Persegi	P*L*t	19,64	4,91	1,00	94,09	11,50	8,51	15,00
L4A	0,00	4,00	9,82	Segitiga	½*P*L	19,64	6,55	2,67	92,45	9,17	6,87	17,33
L5A	3,60	6,00	0,00	Persegi	P*L*t	21,60	1,80	3,00	87,38	9,50	1,80	17,00
L6A	3,60	0,15	0,00	Persegi	½*P*L	0,54	1,80	0,08	87,38	6,43	1,80	20,08
L7A	0,00	3,60	3,60	Segitiga	½*P*L	6,48	1,20	2,40	87,98	5,15	2,40	21,35

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.67 Luasan Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen A
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.3.4. Perhitungan momen

Tabel 4.176 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen

Notasi	Luas	Volume	Berat Jenis	Gaya	Jarak Lengan		Momen	
					Vertikal	Horizontal	ΣM.V	ΣM.H
	L	V	γ					
	m²	m³	kN/m³	kN	m	m	kNm	kNm
GA1	17,84	17,84	24	428,16	0,80	5,58	2386,99	342,53
GA2	4,56	4,56	24	109,44	0,80	12,58	1376,21	87,55
GA3	19,64	19,64	24	471,36	8,51	15,00	7070,40	4011,27
GA4	19,64	19,64	24	471,36	6,87	17,33	8170,24	3239,81
GA5	21,60	21,60	24	518,40	1,80	17,00	8812,80	933,12
GA6	0,54	0,54	24	12,96	1,80	20,08	260,17	23,33
GA7	6,48	6,48	24	155,52	2,40	21,35	3320,35	373,25
Jumlah (Σ)				2167,20	22,98	108,91	31397,16	9010,86

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.3.5. Analisa daya dukung tanah

c	=	0,16	kg/cm²
	=	16	kN/m²
α	=	25°	
SF	=	3	
D	=	1,60	m
B	=	23,75	m
Nc	=	20,70	
Nγ	=	8,10	
Nq	=	10,70	

qult = c . Nc + γb . D . Nq + 0,5 . γb .B . Nγ

= 16*20,70 + 20,9*1,60*10,70 + 0,5* 20,9* 23,75*8,10

= 706,55 kN/m²

$\sigma Ijin = \frac{qult}{SF}$

$= \frac{706,55}{3}$

= 235,52 kN/m²

4.11.3.6. Kondisi muka air normal

1. Diketahui

H_1	=	9,82	m
H_2	=	1,60	m
Berat jenis air	=	10	kN/m³
f	=	0,65	
Lebar	=	14	m
Panjang	=	2	m
q	=	1	
Panjang dinding (L)	=	24,75	m
D	=	1,6	
B	=	24,75	

2. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$K_a = tg^2\left(45° - \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

= 0,703

P_{a1} = q * Ka * H_1

= 1 * 0,703 * 9,82

= 6,90 kN/m

Lengan P_{a1} = ½ * H_1 + 3,60

= ½ * 9,82+ 3,60

= 8,51 m

Momen P_{a1} = P_a*Jarak Lengan

= 6,90* 8,51

= 58,74 kNm

$P_{a2} = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a$

$= \frac{1}{2} * 10 * 9{,}82^2 * 0{,}703$

= 338,93 kN/m

Lengan P_{a2} = ⅔ * H_1 + 3,60

= ⅔ * 9,82 + 3,60

= 10,15 m

Momen P_{a2} = P_a*Jarak Lengan

= 338,93* 10,15

= 3438,97 kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

$= 1{,}732$

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p$

$= \frac{1}{2} * 10 * 1{,}60^2 * 1{,}732$

$= 22{,}17$ kNm

Panjang Lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 1,60

= 1,07 m

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 22,17* 1,07

= 23.65 kNm

c. Tekanan beban timbunan

γt = 23 kN/m³

l = 9,82 m

t = 4,00 m

p = 1 m

Ws_1 = (½ x l x t x p) x γb

= (½ x 9,82 x 4,00 x 1) x 23

= 451,72 kN

Momen = Ws_1*Jarak Lengan

= 451,72 *(⅓ * l+3,60)

= 451,72 *(⅓ * 9,82 +3,60)

= 3104,82 kNm

Ws_2 = (l x t x p) x γb

= (9,82 x 4,00 x 1) x 24

= 589,20 kN

Momen = Ws_2*Jarak Lengan

= 589,20* (½ * l +3,60)

= 589,20* (½ * 9,82 +3,60)

= 5014,09 kNm

3. *Uplift pressure*

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.177 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=Iw/Cw	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	Iw (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
A					0,00	0,00	0,00	0,00
	A - B	1,60	0,00	0,0				
B					1,60	3,44	16,00	12,56
	B - C	0,00	11,15	3,72				
C					5,32	11,42	16,00	4,58
	C - D	0,00	10,00	3,33				
D					8,65	18,57	16,00	-2,57
	D - E	3,60	3,60	1,20				
E					13,45	28,88	-20,00	48,88
Jumlah		5,20	24,75	8,25				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.178 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan			Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	CL	<	Cw	Memenuhi
	2,50	<	4,73	
Tekanan Air (Sampai Titik E)	Cw	>	CL	Memenuhi
	4,73	>	2,50	

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.179 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	B - C	12,56	4,58	11,15	44,49	10,00	444,95	477,98	-1	87,54	23,30	0	0,00	0,00	0,00
						51,10	10,00	511,01		-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-546,78	-1022,02
2	Up2	C - D	4,58	-2,57	10,00	35,79	10,00	357,90	50,20	-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-382,95	-715,80
						-25,75	10,00	-257,49		-1	86,47	32,55	1,07	9,25	275,52	2381,81
3	Up3	D - E	-2,57	48,88	3,60	92,62	10,00	926,23	1343,00	-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-991,07	-8567,65
						175,98	10,00	1759,77		-1	90,07	36,15	2,53	12,85	-4452,21	-22613,00
ΣMomen Vertikal =								3742,36	623,73					ΣMomen Vertikal =	-6097,49	-30536,65

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

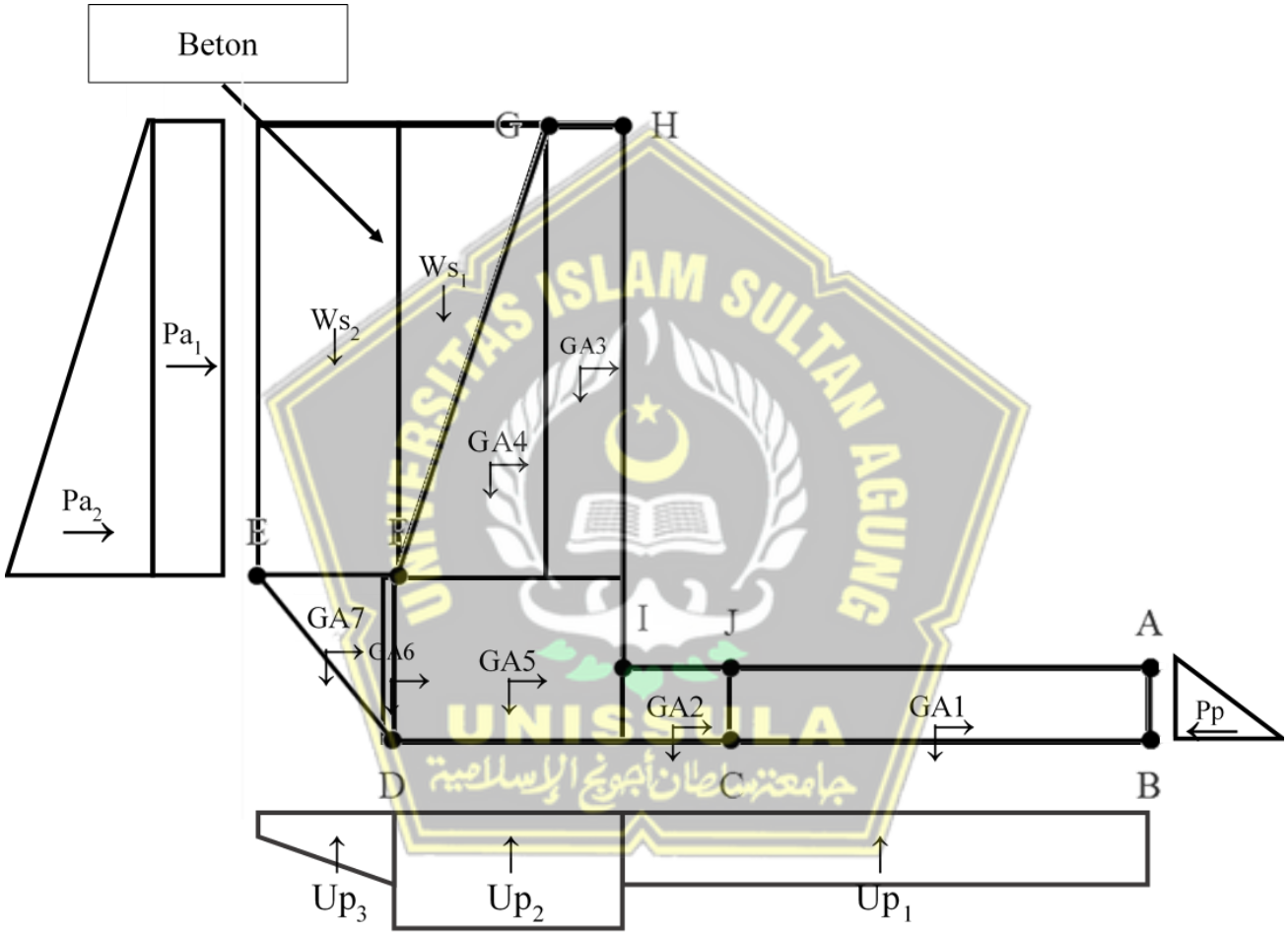
4. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.180 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A.	Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah				
1	GC1	428,16		2386,99	
2	GC2	109,44		1376,21	
3	GC3	471,36		7070,40	
4	GC4	471,36		8170,24	
5	GC5	518,40		8812,80	
6	GC6	99,36		2044,33	
7	GC7	155,52		3475,87	
B.	Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)				
1	Up	-623,73		-6097,49	
C.	Tekanan Tanah				
1	Pa1		6,90		47,77
2	Pa2		338,93		2731,84
3	Pp		-22,17		-0,72
D.	Tekanan Hidrostatis				
1	Pw		0,00		0,00
2	Ww	0,00		0,00	
C.	Tekanan Timbunan				
1	Ws1	192,47		1322,92	
2	Ws2	746,32		6351,18	
Jumlah		2568,67	323,66	34913,46	2778,89

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

ΣV	=	2589,29	kN
ΣH	=	323,66	kN
ΣMv	=	34913,46	kNm
ΣMh	=	2778,89	kNm
ΣMo	=	36266,52	kNm
ΣUp	=	619,97	kN
ΣG	=	2167,20	kN



Gambar 4.68 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi A Kondisi Normal
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.3.7. Kondisi muka air banjir

1. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$K_a = \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

$= 0.703$

$P_{a1} = q * Ka * H_1$

$= 1 * 0{,}703 * 9{,}82$

$= 6{,}90$ kN/m

Lengan P_{a1} = ½ * H_1 + 3,60

= ½ * 9,82+ 3,60

= 8,51 m

Momen P_{a1} = P_a*Jarak Lengan

= 6,90* 8,51

= 58,74 kNm

$P_{a2} = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a$

$= \frac{1}{2} * 10 * 9{,}82^2 * 0{,}703$

= 338,93 kN/m

Lengan P_{a2} = ⅔ * H_1 + 3,60

= ⅔ * 9,82 + 3,60

= 10,15 m

Momen P_{a2} = P_a*Jarak Lengan

= 338,93* 10,15

= 3438,97 kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

$= 1{,}732$

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p$

$= \frac{1}{2} * 10 * 1{,}60^2 * 1{,}732$

$= 22{,}17$ kNm

Panjang Lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 1,60

= 1,07

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 22,17* 1,07

= 23,65 kNm

c. Tekanan air

i. Tekana air luar (Pw)

γ_{air} = 10 kN/m³

Tinggi = 3,23 m

Pw = 0,5*t^2*γ_{air}*p

= 0,5*$(1{,}49)^2$*10*2

= 22,24 kN

Momen = Pw*⅓*t

= 22,24*⅓*1,49

= 11,05 kNm

ii. Beban air (Ww)

Lebar = 14 m

Tinggi = 1,49 m

Panjang = 2 m

Ww = γ_{air}*(l *t* p)

= 10*(14*1,49*2)

= 417,55 kN

Momen = Ww*Jarak Lengan

= Ww *(½*t+H_2)

= 417,55*(½*1,49+1,60)

= 979,42 kNm

d. Tekanan beban timbunan

γt = 23 kN/m^3

l = 9,82 m

t = 4,00 m

p = 1 m

Ws_1 = (½ x l x t x p) x γb

= (½ x 9,82 x 4,00 x 1) x 23

= 451,72 kN

Momen = Ws_1*Jarak Lengan

= 451,72 *(⅓ * l+3,60)

= 451,72 *(⅓ * 9,82 +3,60)

= 3104,82 kNm

Ws_2 = (l x t x p) x γb

= (9,82 x 4,00 x 1) x 24

= 589,20 kN

Momen = Ws_2*Jarak Lengan

= 589,20* (½ * l +3,60)

= 589,20* (½ * 9,82 +3,60)

= 5014,09 kNm

2. *Uplift pressure*

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.181 Panjang Rembesan Kondisi Air Banjir

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=Iw/Cw	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	Iw (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
A					0,00	0,00	14,91	14,91
	A - B	1,60	0,00	0,0				
B					1,60	3,44	30,91	27,48
	B - C	0,00	11,15	3,72				
C					5,32	11,42	30,91	19,50
	C - D	0,00	10,00	3,33				
D					8,65	18,57	30,91	12,34
	D - E	3,60	3,60	1,20				
E					13,45	28,88	-5,09	-33,97
Jumlah		5,20	24,75	8,25				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.182 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan			Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	CL	<	Cw	Memenuhi
	2,50	<	4,73	
Tekanan Air (Sampai Titik E)	Cw	>	CL	Memenuhi
	4,73	>	2,50	

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.183 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	B - C	27,48	19,50	11,15	44,49	10,00	444,95	1309,35	-1	87,54	23,30	0	0,00	0,00	0,00
						217,38	10,00	2173,75		-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-2325,92	-4347,51
2	Up2	C - D	19,50	12,34	10,00	35,79	10,00	357,90	795,83	-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-382,95	-715,80
						123,38	10,00	1233,76		-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-1320,12	-11412,27
3	Up3	D - E	12,34	-33,97	3,60	83,35	10,00	833,53	-194,69	-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-891,88	-7710,19
						-122,29	10,00	-1222,92		-1	90,07	36,15	2,53	12,85	3093,98	15714,47
ΣMomen Vertikal =								3820,98	636,83				ΣMomen Vertikal =		-1826,90	-8471,30

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

3. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.184 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen A

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A.	Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah				
1	GC1	428,16		2386,99	
2	GC2	109,44		1376,21	
3	GC3	471,36		7070,40	
4	GC4	471,36		8170,24	
5	GC5	518,40		8812,80	
6	GC6	99,36		2044,33	
7	GC7	155,52		3475,87	
B.	Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)				
1	Up	-636,83		-1826,90	
C.	Tekanan Tanah				
1	Pa1		6,90		47,77
2	Pa2		338,93		2731,84
3	Pp		-22,17		-0,72
D.	Tekanan Hidrostatis				
1	Pw		-22,24		-11,05
2	Ww	417,55		979,42	
C.	Tekanan Timbunan				
1	Ws1	192,47		1322,92	
2	Ws2	746,32		6351,18	
Jumlah		2973,11	301,42	40163,47	2767,84

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

$\Sigma V = 2973,11$ kN

$\Sigma H = 301,42$ kN

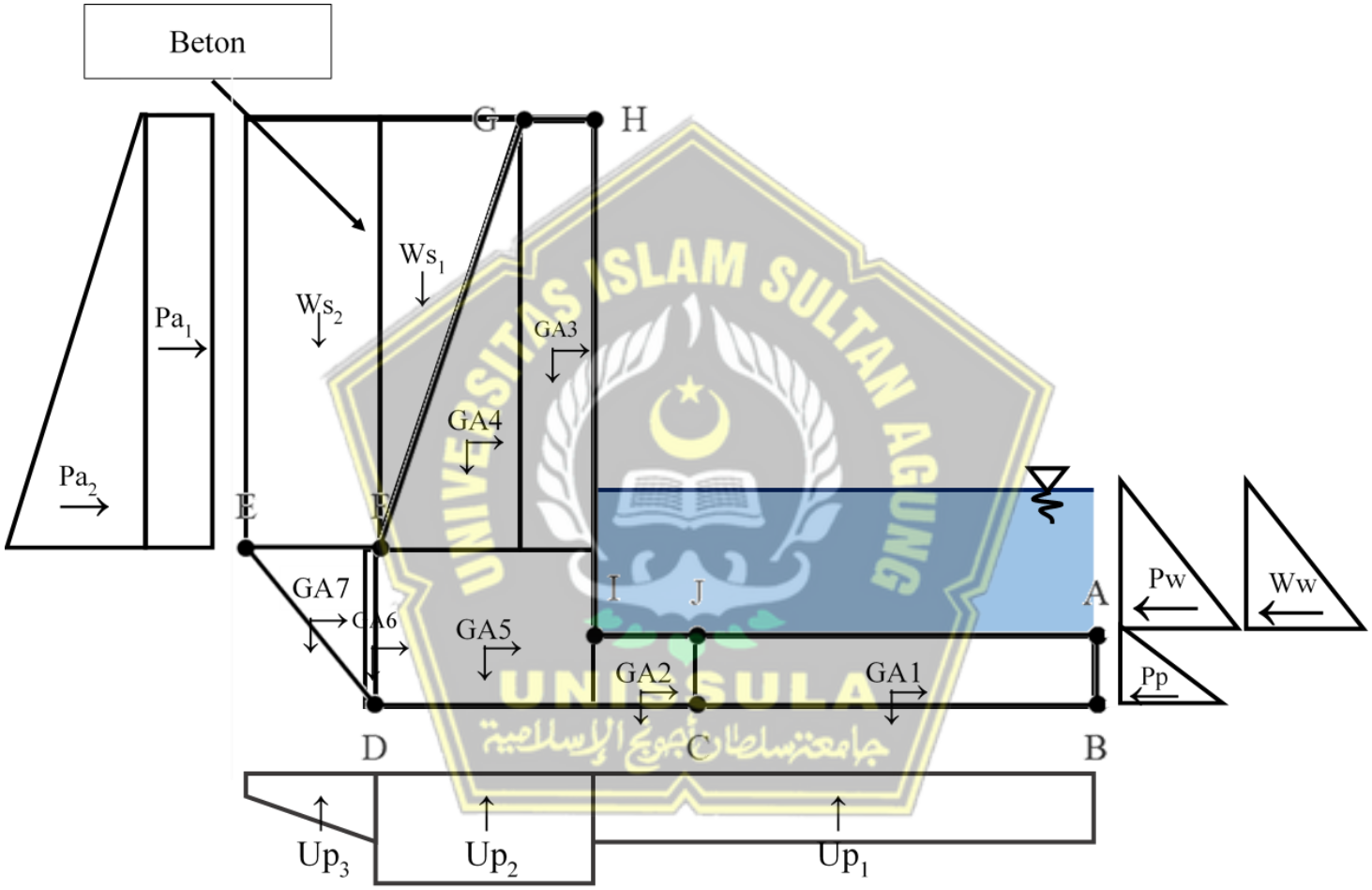
$\Sigma Mv = 40163,47$ kNm

$\Sigma Mh = 2767,84$ kNm

$\Sigma Mo = 41599,31$ kNm

$\Sigma Up = 611,07$ kN

$\Sigma G = 2167,20$ kN



Gambar 4.69 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi A Kondisi Air Banjir
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.3.8. Kesimpulan analisa stabilitas dinding saluran transisi awal segmen A

1. Kesimpulan kondisi muka air normal

Tabel 4.185 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)	ΔIw	>	Hw*CL	9,45	>	5,00	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	12,01	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	7,81	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	4,34	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	2,46	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	108,87	≤	235,52	Aman
7	σmin	0 <	σmin	< σijin	107,76	<	235,52	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	0,02	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	4,73	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Kesimpulan kondisi muka air banjir

Tabel 4.186 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)	ΔIw	>	Hw*CL	9,45	>	5,00	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	11,99	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	7,79	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	4,84	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	2,64	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	97,44	≤	235,52	Aman
7	σmin	0 < σmin	<	σijin	128,66	<	235,52	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	-0,55	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	4,73	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.4 Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C

4.11.4.1. Diketahui

Berat jenis beton bertulang	=	2400	kg/m^3
	=	24	kN/m^3
Berat jenis tanah timbunan	=	23	kN/m^3
Lebar	=	14	m
T Banjir	=	1,49	m
Panjang	=	2	m
q	=	1	kN/m^3
Panjang Dinding	=	24,75	m
D	=	1,6	m
B	=	24,75	m
γTanah Random	=	9,8	kN/m^3

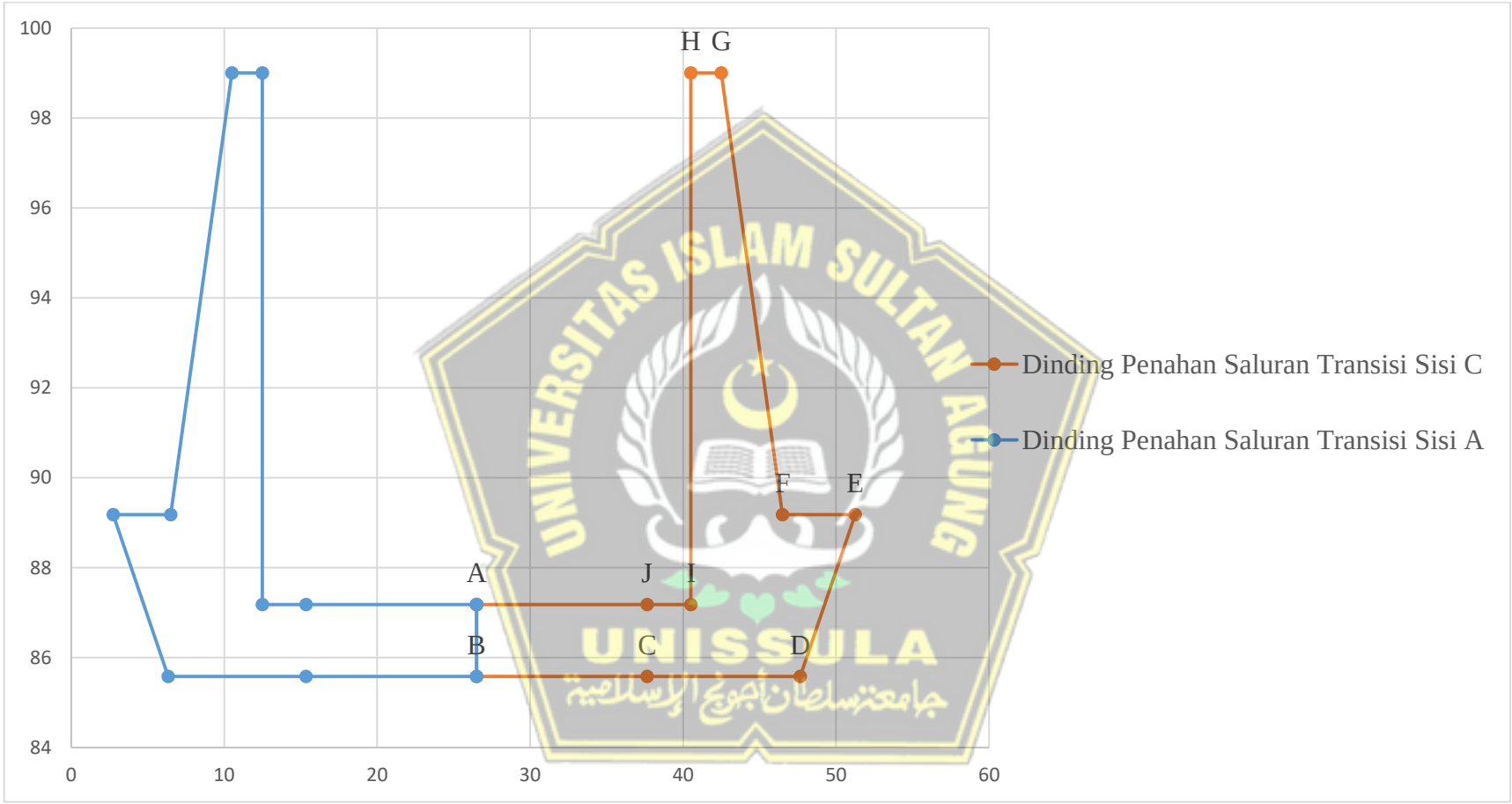
4.11.4.2. Letak koordinat

1. Koordinat dinding penahan saluran transisi

Tabel 4.187 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen C

Titik	Jarak Koordinat		Elevasi	
	Vertikal (m)	Horizontal (m)	Vertikal (m)	Horizontal (m)
A	0,00	0,00	87,18	26,50
B	1,60	0,00	85,58	26,50
C	0,00	11,15	85,58	37,65
D	0,00	10,00	85,58	47,65
E	3,60	3,60	89,18	51,25
F	0,00	4,75	89,18	46,50
G	9,82	4,00	99,00	42,50
H	0,00	2,00	99,00	40,50
I	11,82	0,00	87,18	40,50
J	0,00	2,85	87,18	37,65

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



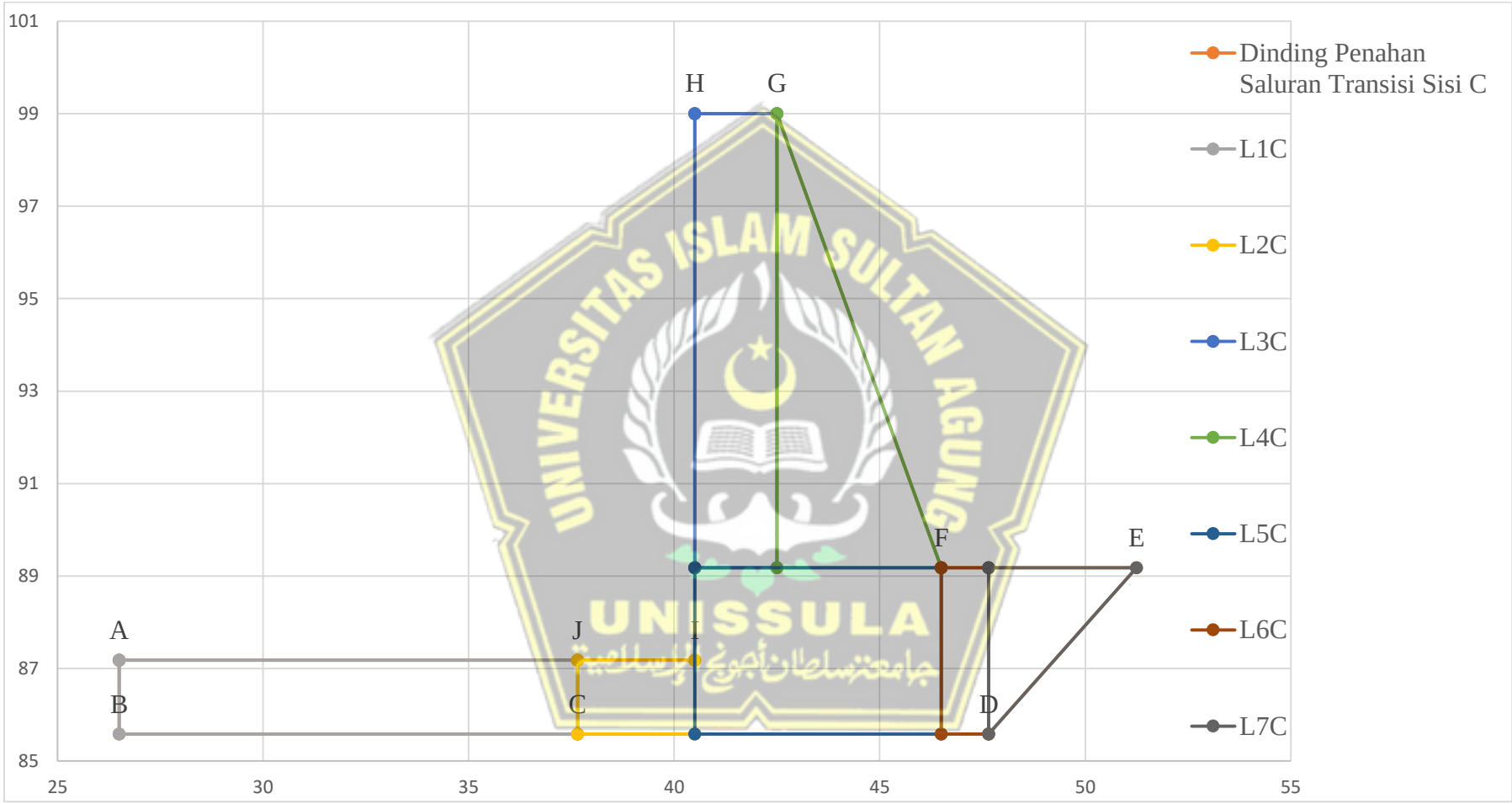
Gambar 4.70 Koordinat Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen C
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.4.3. Analisa luasan dinding saluran transisi awal segmen C

Tabel 4.188 Luasan Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Segmen C

Notasi	P	L	t	Bangun	Rumus	Luas	Titik Berat		Koordinat Titik Berat		Jarak Lengan Terhadap Titik B	
	(m)	(m)	(m)			(m^2)	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal
L1C	1,60	11,15	0,00	Persegi	P*L*t	17,84	0,80	5,58	86,38	32,08	0,80	5,58
L2C	1,60	2,85	0,00	Persegi	P*L*t	4,56	0,80	1,43	86,38	39,08	0,80	12,58
L3C	9,82	2,00	0,00	Persegi	P*L*t	19,64	4,91	1,00	94,09	41,50	8,51	15,00
L4C	0,00	4,00	9,82	Segitiga	½*P*L	19,64	6,55	1,33	92,45	43,83	6,87	17,33
L5C	3,60	6,00	0,00	Persegi	P*L*t	21,60	1,80	3,00	87,38	43,50	1,80	17,00
L6C	3,60	1,15	0,00	Persegi	½*P*L	4,14	1,80	0,57	87,38	47,08	1,80	20,58
L7C	0,00	3,60	3,60	Segitiga	½*P*L	6,48	1,20	1,20	87,98	48,85	2,40	22,35

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)



Gambar 4.71 Analisa Luasan Dinding Penahan Transisi
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.4.4. Perhitungan momen

Tabel 4.189 Analisa Perhitungan Gaya Berat dan Momen

Notasi	Luas	Volume	Berat Jenis	Gaya	Jarak Lengan		Momen	
					Vertikal	Horizontal	ΣM.V	ΣM.H
	L	V	γ					
	m²	m³	kN/m³	kN	m	m	kNm	kNm
GC1	17,84	17,84	24	428,16	0,80	5,58	2386,99	342,53
GC2	4,56	4,56	24	109,44	0,80	12,58	1376,21	87,55
GC3	19,64	19,64	24	471,36	8,51	15,00	7070,40	4011,27
GC4	19,64	19,64	24	471,36	6,87	17,33	8170,24	3239,81
GC5	21,60	21,60	24	518,40	1,80	17,00	8812,80	933,12
GC6	4,14	4,14	24	99,36	1,80	20,58	2044,33	178,85
GC7	6,48	6,48	24	155,52	2,40	22,35	3475,87	373,25
Jumlah (Σ)				2253,60	22,98	110,41	33336,84	9166,38

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.4.5. Analisa daya dukung tanah

c = 0,16 kg/cm²

= 16 kN/m²

α = 25°

SF = 3

D = 1,6 m

B = 24,75 m

Nc = 20,70

Nγ = 8,10

Nq = 10,70

qult = c . Nc + γb . D . Nq + 0,5 . γb .B . Nγ

= 16* 20,70 + 20,9*1,6*10,70 + 0,5* 20,9* 24,75*8,10

= 706,55 kN/m²

$$\sigma Ijin = \frac{qult}{SF}$$

$$= \frac{706,55}{3}$$

$$= 235,52 \quad kN/m^2$$

4.11.4.6. Kondisi muka air normal

1. Diketahui

H_1	=	9,82	m
H_2	=	1,60	m
Berat jenis air	=	10	kN/m³
f	=	0,65	
Lebar	=	14	m
Panjang	=	2	m
q	=	1	
Panjang dinding (L)	=	24,75	m
D	=	1,6	
B	=	24,75	

2. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$$K_a = tg^2\left(45° - \frac{\Phi}{2}\right)$$

$$= \frac{1-sin\Phi}{1+sin\Phi}$$

$$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$$

$$= 0,703$$

$$P_{a1} = q * Ka * H_1$$

$$= 1 * 0,703 * 9,82$$

$$= 6,90 \quad kN/m$$

$$\text{Lengan } P_{a1} = ½ * H_1 + 3,60$$

$$= ½ * 9,82 + 3,60$$

$$= 8,51 \text{ m}$$

Momen P_{a1} = P_a*Jarak Lengan

= 6,90* 8,51

= 47,77 kNm

$P_{a2} = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a$

$= \frac{1}{2} * 10 * 9{,}82^2 * 0{,}703$

= 338,93 kN/m

Lengan P_{a2} = ⅔ * H_1 + 3,60

= ⅔ * 9,82 + 3,60

= 10,15

Momen P_{a2} = P_a*Jarak Lengan

= 338,93* 10,15

= 3438,97 kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\Phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\Phi}{1-sin\Phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

= 1,732

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p$

$= \frac{1}{2} * 10 * 1{,}60^2 * 1{,}732$

= 22,17 kNm

Panjang Lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 1,60

= 1,07

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 22,17* 1,07

= 23,65 kNm

c. Tekanan beban timbunan

γt = 9,8 kN/m³

l = 9,82 m

t = 4.00 m

p = 1 m

Ws_1 = (½ x l x t x p) x γt

= (½ x 9,82 x 4,00 x 1) x 9,6

= 192,472 kN

Momen = Ws_1*Jarak Lengan

= 192,472 *(⅓ * l+3,60)

= 192,472 *(⅓ * 9,82 +3,60)

= 1322,92 kNm

Ws_2 = (l x t x p) x γt

= (9,82 x 4,00 x 1) x 9,8

= 746,32 kN

Momen = Ws_2*Jarak Lengan

= 526,4 * (½ * l +3,60)

= 526,4 * (½ * 9,82 +3,60)

= 6351,18 kNm

3. *Uplift pressure* (rembesan)

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.190 Panjang Rembesan Kondisi Air Normal

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=Iw/Cw	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	Iw (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
A					0,00	0,00	0,00	0,00
	A - B	1,60	0,00	0,0				
B					1,60	3,44	16,00	12,56
	B - C	0,00	11,15	3,72				
C					5,32	11,42	16,00	4,58
	C - D	0,00	10,00	3,33				
D					8,65	18,57	16,00	-2,57
	D - E	3,60	3,60	1,20				
E					13,45	28,88	-20,00	48,88
Jumlah		5,20	24,75	8,25				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.191 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan			Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	CL	<	Cw	
	2,50	<	4,73	Memenuhi
Tekanan Air (Sampai Titik E)	Cw	>	CL	
	4,73	>	2,50	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.192 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	B - C	12,56	4,58	11,15	44,49	10,00	444,95	477,98	-1	87,54	23,30	0	0,00	0,00	0,00
						51,10	10,00	511,01		-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-546,78	-1022,02
2	Up2	C - D	4,58	-2,57	10,00	35,79	10,00	357,90	50,20	-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-382,95	-715,80
						-25,75	10,00	-257,49		-1	86,47	32,55	1,07	9,25	275,52	2381,81
3	Up3	D - E	-2,57	48,88	3,60	92,62	10,00	926,23	1343,00	-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-991,07	-8567,65
						175,98	10,00	1759,77		-1	90,07	36,15	2,53	12,85	-4452,21	-22613,00
ΣMomen Vertikal =								3742,36	623,73				ΣMomen Vertikal =		-6097,49	-30536,65

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

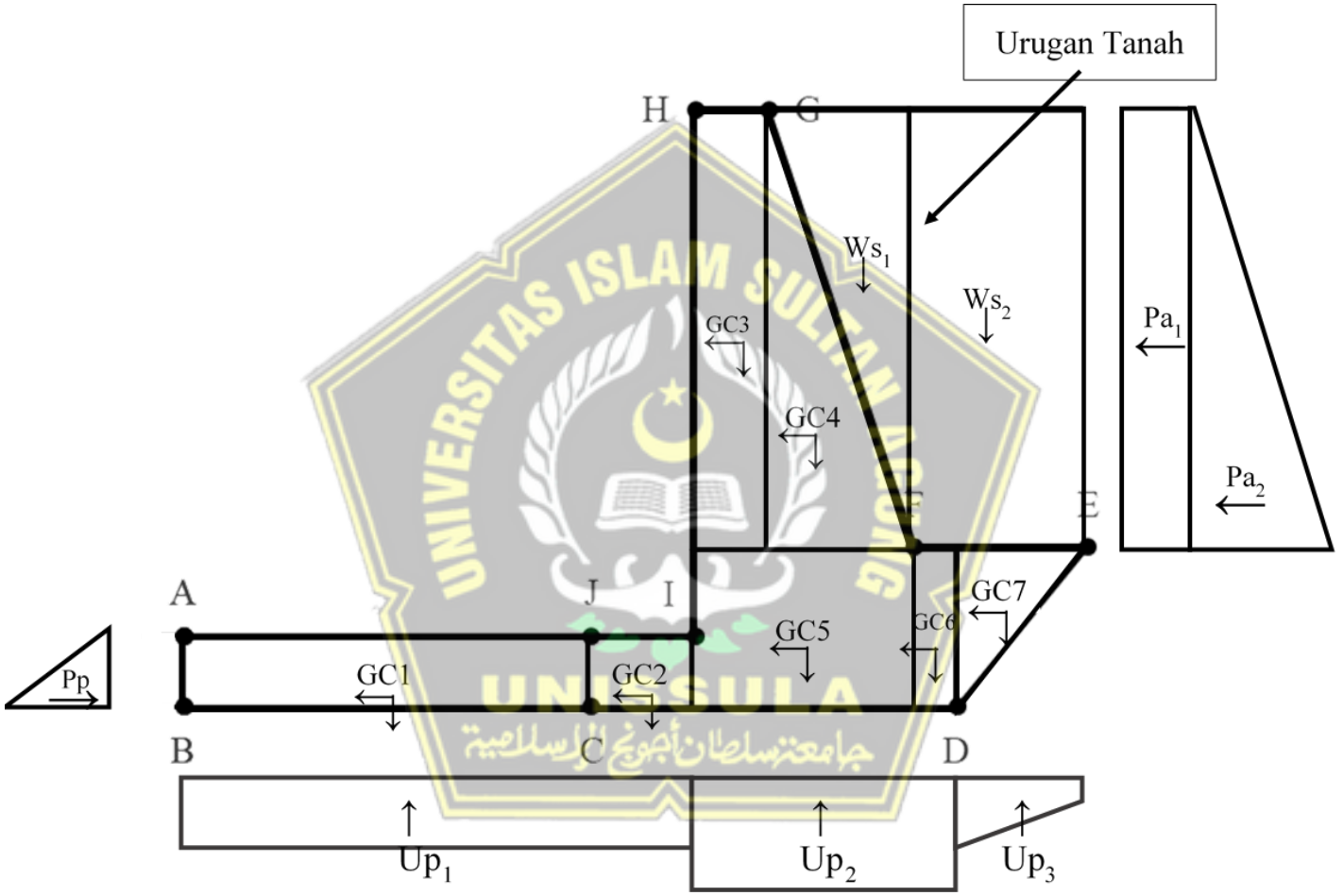
4. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.193 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A.	Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah				
1	GC1	428,16		2386,99	
2	GC2	109,44		1376,21	
3	GC3	471,36		7070,40	
4	GC4	471,36		8170,24	
5	GC5	518,40		8812,80	
6	GC6	99,36		2044,33	
7	GC7	155,52		3475,87	
B.	Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)				
1	Up	-623,73		-6097,49	
C.	Tekanan Tanah				
1	Pa1		6,90		47,77
2	Pa2		338,93		2731,84
3	Pp		-22,17		-0,72
D.	Tekanan Hidrostatis				
1	Pw		0,00		0,00
2	Ww	0,00		0,00	
C.	Tekanan Timbunan				
1	Ws1	192,47		1322,92	
2	Ws2	746,32		6351,18	
Jumlah		2568,67	323,66	34913,46	2778,89

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

ΣV	=	2568,67	kN
ΣH	=	323,66	kN
ΣMv	=	34913,46	kNm
ΣMh	=	2778,89	kNm
ΣMo	=	37692,35	kNm
ΣUp	=	636,83	kN
ΣG	=	2253,60	kN



Gambar 4.72 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi C Kondisi Normal
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.4.7. Kondisi muka air banjir

1. Perhitungan tekanan tanah dan tekanan air

a. Tekanan tanah aktif

$K_a = \frac{1-sin\phi}{1+sin\phi}$

$= \frac{1-\sin(25°)}{1+sin(25°)}$

= 0,703

P_{a1} = q * Ka * H_1

= 1 * 0,703 * 9,82

= 6,90 kN/m

Lengan P_{a1} = ½ * H_1 + 3,60

= ½ * 9,82+ 3,60

= 8,51 m

Momen P_{a1} = P_a*Jarak Lengan

= 6,90* 8,51

= 47,77 kNm

$P_{a2} = \frac{1}{2} * \gamma * H_1^2 * K_a$

$= \frac{1}{2} * 10 * 9{,}82^2 * 0{,}703$

= 338,93 kN/m

Lengan P_{a2} = ⅔ * H_1 + 3,60

= ⅔ * 9,82 + 3,60

= 10,15

Momen P_{a2} = P_a*Jarak Lengan

= 338,93* 10,15

= 3438,97 kNm

b. Tekanan tanah pasif

$K_p = tg^2\left(45° + \frac{\phi}{2}\right)$

$= \frac{1+sin\phi}{1-sin\phi}$

$= \frac{1+\sin(25°)}{1-sin(25°)}$

$= 1{,}732$

$P_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_2^2 * K_p$

$= \frac{1}{2} * 10 * 1{,}60^2 * 1{,}732$

$= 22{,}17$ kNm

Panjang Lengan = ⅔ * H_2

= ⅔ * 1,60

= 1,07

Momen Pa = P_p*Jarak Lengan

= 22,17* 1,07

= 23,65 kNm

c. Tekanan air

i. Tekana air luar (Pw)

γ_{air} = 10 kN/m^3

Tinggi = 3,23 m

Pw = 0,5*t^2*γ_{air}*p

= 0,5*$(1{,}49)^2$*10*2

= 22,24 kN

Momen = Pw*⅓*t

= 22,24*⅓*1,49

= 11,05 kNm

ii. Beban air (Ww)

Lebar = 14 m

Tinggi = 1,49 m

Panjang = 2 m

Ww = γ_{air}*(l *t* p)

= 10*(14*1,49*2)

= 417,55 kN

Momen = Ww*Jarak Lengan

= Ww *(½*t+H_2)

= 417,55*(½*1,49+1,60)

= 979,42 kNm

d. Tekanan beban timbunan

γt = 9,8 kN/m^3

l = 9,82 m

t = 4,00 m

p = 1 m

Ws_1 = (½ x l x t x p) x γt

= (½ x 9,82 x 4,00 x 1) x 9,6

= 192,472 kN

Momen = Ws_1*Jarak Lengan

= 192,472 *(⅓ * 9,82 +3,60)

= 1322,92 kNm

Ws_2 = (l x t x p) x γt

= (9,82 x 4,00 x 1) x 9,8

= 746,32 kN

Momen = Ws_2*Jarak Lengan

= 526,4 * (½ * 9,82 +3,60)

= 6351,18 kNm

2. *Uplift pressure* (rembesan)

a. Analisa rembesan *line*

Tabel 4.194 Panjang Rembesan Kondisi Air Banjir

Titik	*Line*	Panjang Rembesan				ΔH=Iw/Cw	H	P=H-ΔH
		Vertikal (m)	Horizontal (m)	⅓ Horizontal (m)	Iw (m)	(kN/m²)	(kN/m²)	(kN/m²)
A					0,00	0,00	14,91	14,91
	A - B	1,60	0,00	0,0				
B					1,60	3,44	30,91	27,48
	B - C	0,00	11,15	3,72				
C					5,32	11,42	30,91	19,50
	C - D	0,00	10,00	3,33				
D					8,65	18,57	30,91	12,34
	D - E	3,60	3,60	1,20				
E					13,45	28,88	-5,09	-33,97
Jumlah		5,20	24,75	8,25				

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

Tabel 4.195 Hasil Analisa Stabilitas Rembesan *Line*

Parameter	Ketentuan			Keterangan
Nilai Rembesan *Line* untuk Material	CL	<	Cw	
	2,50	<	4,73	Memenuhi
Tekanan Air (Sampai Titik E)	Cw	>	CL	
	4,73	>	2,50	Memenuhi

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

b. Analisa *uplift pressure*

Tabel 4.196 *Uplift* Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C

No	Notasi	Bidang	Titik		Lebar	Luasan	γ_{air}	Gaya	Gaya	Arah	Koordinat Titik		Lengan		MV	MH
					m	m²	kN/m³	kN	kN		Vertikal	Horizontal	Vertikal	Horizontal	kN.m	kN.m
1	Up1	B - C	27,48	19,50	11,15	44,49	10,00	444,95	1309,35	-1	87,54	23,30	0	0,00	0,00	0,00
						217,38	10,00	2173,75		-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-2325,92	-4347,51
2	Up2	C - D	19,50	12,34	10,00	35,79	10,00	357,90	795,83	-1	86,47	25,30	1,07	2,00	-382,95	-715,80
						123,38	10,00	1233,76		-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-1320,12	-11412,27
3	Up3	D - E	12,34	-33,97	3,60	83,35	10,00	833,53	-194,69	-1	86,47	32,55	1,07	9,25	-891,88	-7710,19
						-122,29	10,00	-1222,92		-1	90,07	36,15	2,53	12,85	3093,98	15714,47
ΣMomen Vertikal =								3820,98	636,83					ΣMomen Vertikal =	-1826,90	-8471,30

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

3. Rekapitulasi gaya yang bekerja

Tabel 4.197 Rekapitulasi Gaya Dinding Saluran Transisi Awal Segmen C

No	Notasi	Gaya		Momen	
		Vertikal	Horizontal	Dorong	Penahan
		kN	kN	kNm	kNm
A.	Akibat Berat Sendiri Bangunan Pelimpah				
1	GC1	428,16		2386,99	
2	GC2	109,44		1376,21	
3	GC3	471,36		7070,40	
4	GC4	471,36		8170,24	
5	GC5	518,40		8812,80	
6	GC6	99,36		2044,33	
7	GC7	155,52		3475,87	
B.	Akibat Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)				
1	Up	-636,83		-1826,90	
C.	Tekanan Tanah				
1	Pa1		6,90		47,77
2	Pa2		338,93		2731,84
3	Pp		-22,17		-0,72
D.	Tekanan Hidrostatis				
1	Pw		-22,24		-11,05
2	Ww	417,55		979,42	
C.	Tekanan Timbunan				
1	Ws1	192,47		1322,92	
2	Ws2	746,32		6351,18	
Jumlah		2973,11	301,42	40163,47	2767,84

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

$\Sigma V = 2973,11$ kN

$\Sigma H = 301,42$ kN

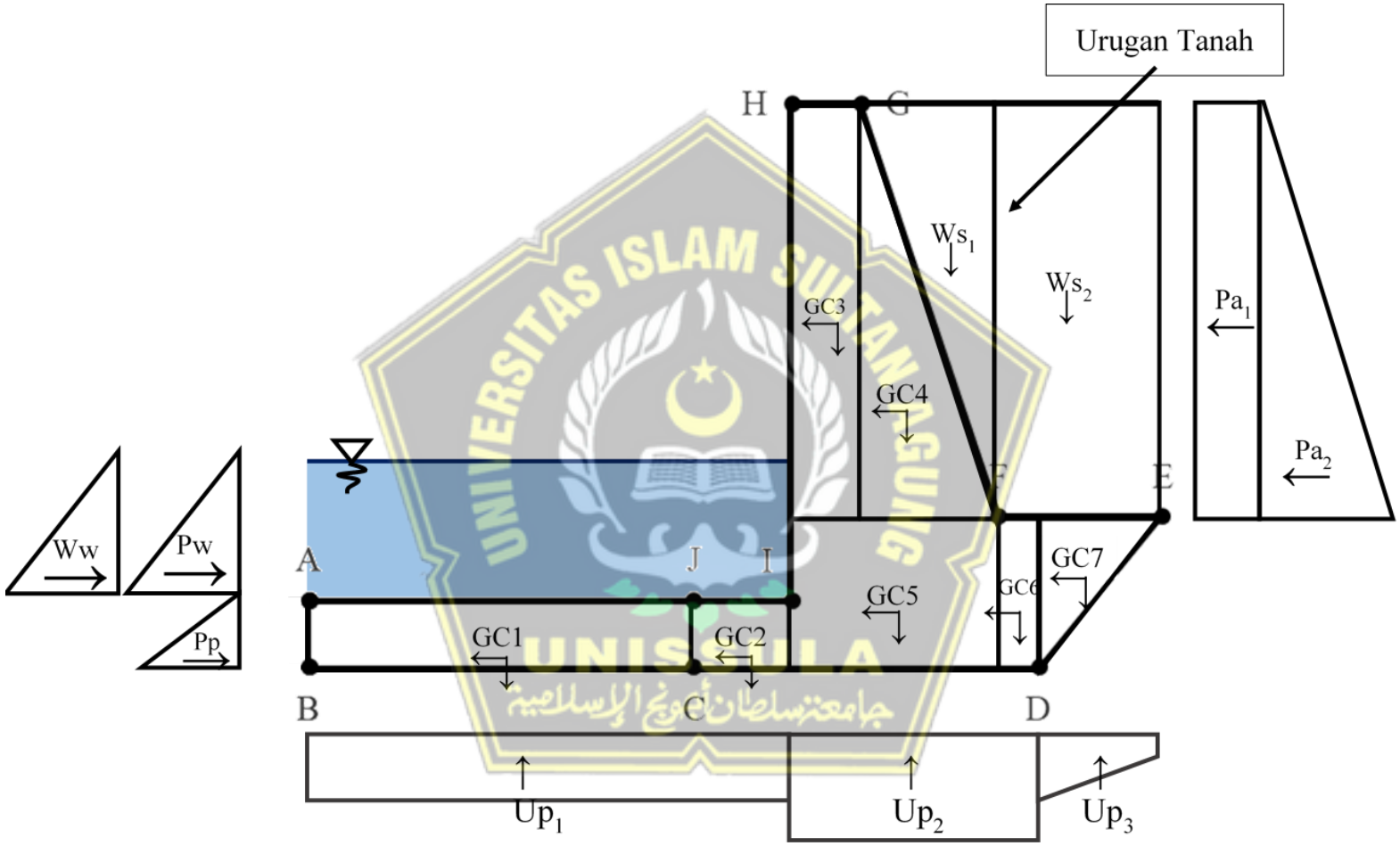
$\Sigma Mv = 40163,47$ kNm

$\Sigma Mh = 2767,84$ kNm

$\Sigma Mo = 42931,31$ kNm

$\Sigma Up = 636,83$ kN

$\Sigma G = 2253,60$ kN



Gambar 5.2 Gaya-gaya Pada Dinding Saluran Transisi C Kondisi Air Banjir
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.4.8. Kesimpulan analisa stabilitas dinding saluran transisi awal segmen C

1. Kesimpulan kondisi muka air normal

Tabel 4.198 Kesimpulan Kondisi Muka Air Normal

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)	ΔIw	>	Hw*CL	9,45	>	5,00	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	12,56	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	8,17	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	4,34	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	3,25	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	107,19	≤	235,52	Aman
7	σmin	0 <	σmin	< σijin	100,38	<	235,52	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	0,14	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	4,73	>	2	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

2. Kesimpulan kondisi muka air banjir

Tabel 4.199 Kesimpulan Kondisi Muka Air Banjir

No	Variabel Kontrol	Nilai			Hasil			Kesimpulan
1	Gaya Tekan Keatas (*Uplift*)	ΔIw	>	Hw*CL	9,45	>	5,00	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	14,51	>	1,5	Aman
3	Guling Dengan f=0.65	f*ΣMV/ΣMH	>	SF Guling	9,43	>	1,5	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh	>	SF Geser	5,28	>	1,2	Aman
5	Geser Dengan f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh	>	SF Geser	3,49	>	1,2	Aman
6	σmax	σmax	≤	σijin	126,04	≤	235,52	Aman
7	σmin	0 <	σmin	< σijin	114,22	<	235,52	Aman
8	Eksentrisitas/Tegangan Tanah	e	<	1/6*L	0,20	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw	>	SF Piping	4,73	>	2	Aman

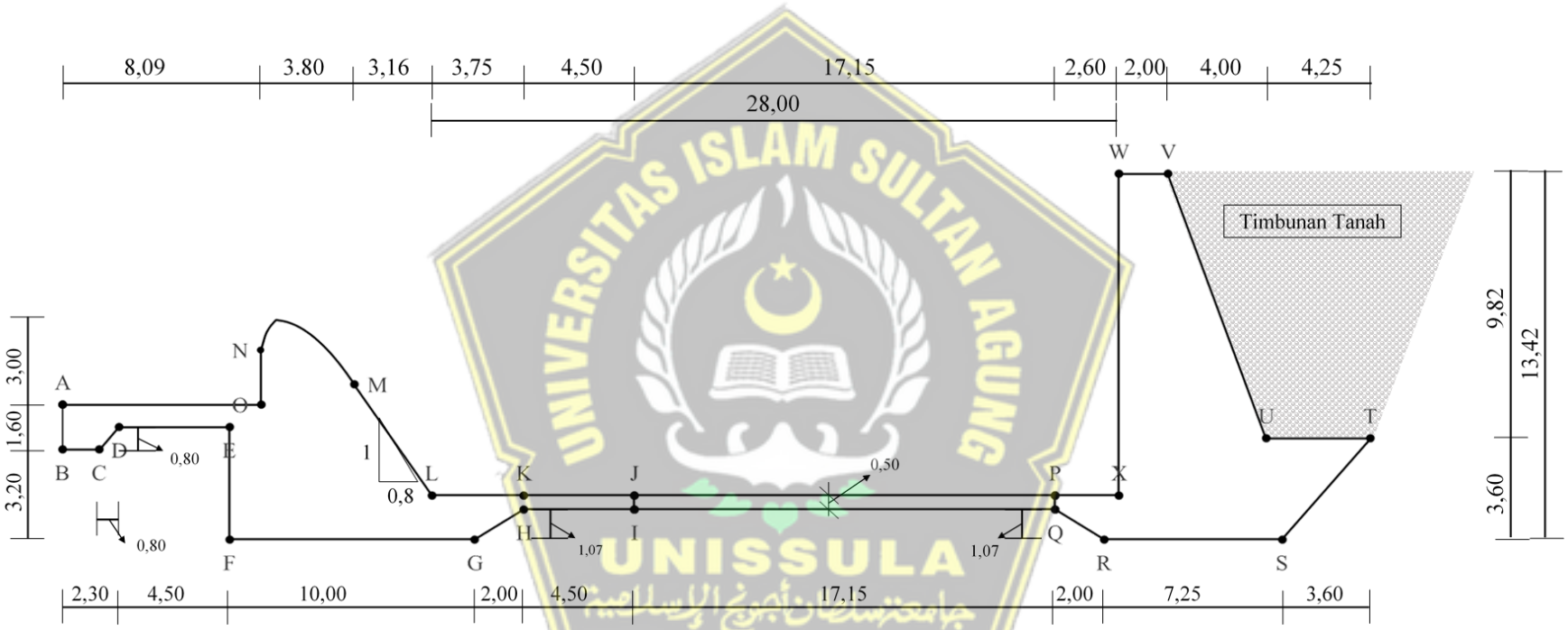
(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

4.11.5 Rekapitulasi Stabilitas Bangunan Pelimpah

Tabel 4.200 Rekapitulasi Stabilitas Bangunan Pelimpah

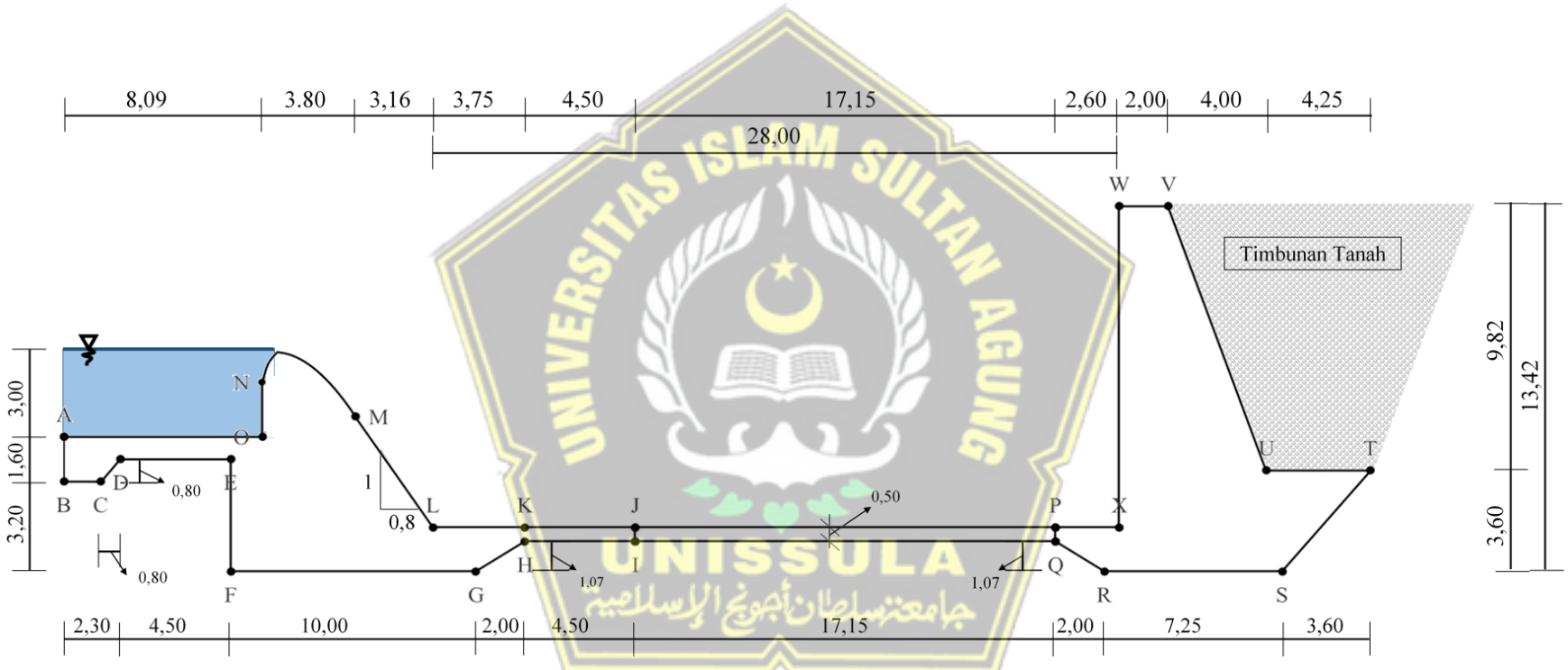
No	Parameter	Ketentuan	Situasi Air	Analisa Stabilitas																			
				A				B				C				D				E				F			
				Ambang Pelimpah				Dinding Penahan																			
								Saluran Samping				Transisi Awal Segmen A				Transisi Awal Segmen C				Transisi Akhir Segmen A				Transisi Akhir Segmen C			
				Hasil				Hasil				Hasil				Hasil				Hasil				Hasil			
1	Gaya *Uplift*	ΔIw > Hw*CL	Normal	15,74	>	15,58	Aman	9,45	>	5,08	Aman	9,45	>	5,00	Aman	9,45	>	5,00	Aman	9,45	>	5,00	Aman	9,45	>	5,00	Aman
			Banjir	15,74	>	15,58	Aman	9,45	>	5,08	Aman	9,45	>	5,00	Aman	9,45	>	5,00	Aman	9,45	>	5,00	Aman	9,45	>	5,00	Aman
2	Guling	ΣMV/ΣMH > SF Guling	Normal	192,16	>	1,50	Aman	5,04	>	1,50	Aman	12,01	>	1,50	Aman	12,56	>	1,50	Aman	12,05	>	1,50	Aman	12,56	>	1,50	Aman
			Banjir	15,57	>	1,50	Aman	4,26	>	1,50	Aman	11,99	>	1,50	Aman	14,51	>	1,50	Aman	13,99	>	1,50	Aman	14,50	>	1,50	Aman
3	Guling f=0.65	f*ΣMV/ΣMH > SF Guling	Normal	124,90	>	1,50	Aman	3,28	>	1,50	Aman	7,81	>	1,50	Aman	8,17	>	1,50	Aman	7,83	>	1,50	Aman	8,17	>	1,50	Aman
			Banjir	10,12	>	1,50	Aman	2,77	>	1,50	Aman	7,79	>	1,50	Aman	9,43	>	1,50	Aman	9,09	>	1,50	Aman	9,43	>	1,50	Aman
4	Geser	(Rv*tgn(α)+C*L)/Rh > SF Geser	Normal	13,57	>	1,20	Aman	3,56	>	1,20	Aman	4,34	>	1,20	Aman	4,34	>	1,20	Aman	4,37	>	1,20	Aman	4,34	>	1,20	Aman
			Banjir	6,08	>	1,20	Aman	4,49	>	1,20	Aman	4,84	>	1,20	Aman	5,28	>	1,20	Aman	5,31	>	1,20	Aman	5,26	>	1,20	Aman
5	Geser f=0.65	(ΣG-Σpu)*f/Σh > SF Geser	Normal	8,30	>	1,20	Aman	2,27	>	1,20	Aman	2,46	>	1,20	Aman	3,25	>	1,20	Aman	2,18	>	1,20	Aman	2,14	>	1,20	Aman
			Banjir	1,70	>	1,20	Aman	1,95	>	1,20	Aman	2,64	>	1,20	Aman	3,49	>	1,20	Aman	2,33	>	1,20	Aman	2,30	>	1,20	Aman
6	σmax	σmax ≤ σijin	Normal	62,35	≤	892,93	Aman	155,80	≤	596,37	Aman	108,87	≤	235,52	Aman	107,19	≤	235,52	Aman	109,44	≤	235,52	Aman	107,19	≤	235,52	Aman
			Banjir	47,27	≤	892,93	Aman	120,62	≤	596,37	Aman	97,44	≤	235,52	Aman	126,04	≤	235,52	Aman	129,80	≤	235,52	Aman	126,31	≤	235,52	Aman
7	σmin	0 < σmin < σijin	Normal	15,41	<	892,93	Aman	88,19	<	596,37	Aman	107,76	<	235,52	Aman	100,38	<	235,52	Aman	108,61	<	235,52	Aman	100,38	<	235,52	Aman
			Banjir	32,83	<	892,93	Aman	69,41	<	596,37	Aman	128,66	<	235,52	Aman	114,22	<	235,52	Aman	122,84	<	235,52	Aman	113,48	<	235,52	Aman
8	Eksentrisitas	e < 1/6*L	Normal	2,34	<	3,88	Aman	0,59	<	2,14	Aman	0,02	<	2,14	Aman	0,14	<	2,14	Aman	0,02	<	2,14	Aman	0,14	<	2,14	Aman
			Banjir	0,70	<	3,88	Aman	0,58	<	2,14	Aman	-0,55	<	2,14	Aman	0,20	<	2,14	Aman	0,11	<	2,14	Aman	0,22	<	2,14	Aman
9	Piping	Cw > SF Piping	Normal	2,53	>	2,00	Aman	4,66	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman
			Banjir	2,53	>	2,00	Aman	4,66	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman	4,73	>	2,00	Aman

(Sumber: Hasil Analisa, 2021)

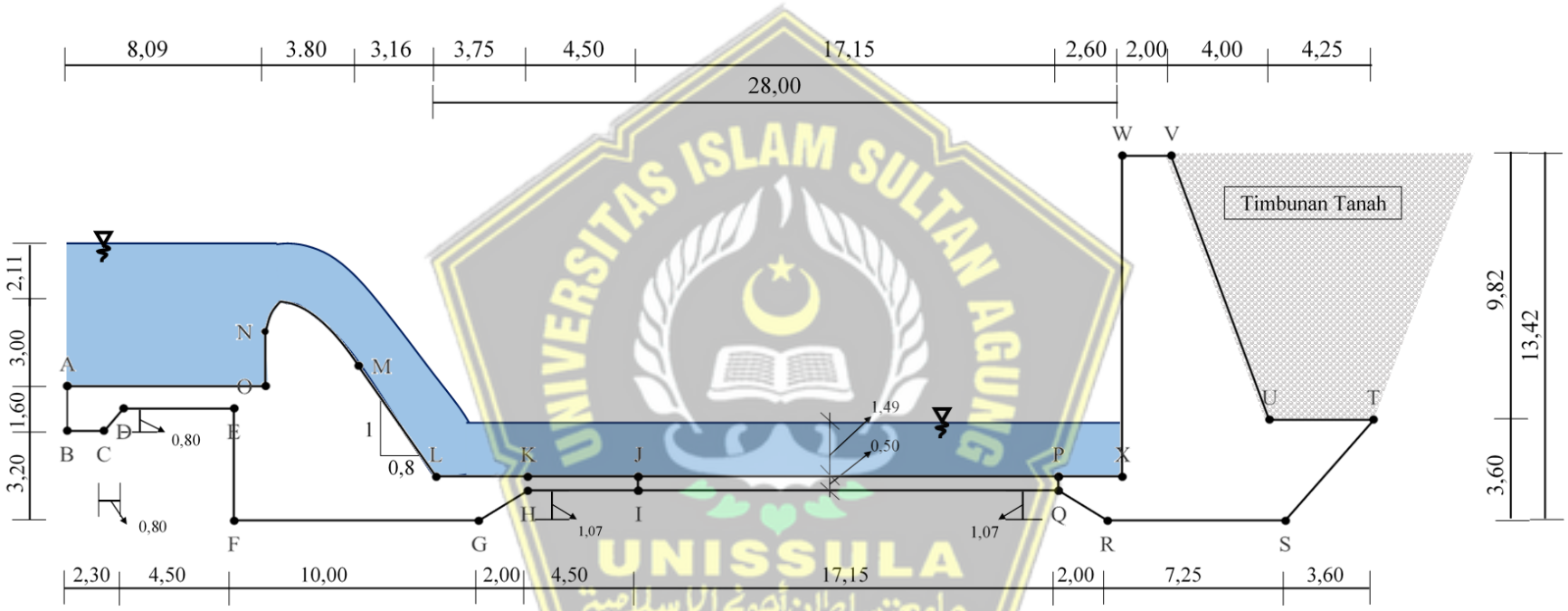


Gambar 4.73 Dimensi Saluran Samping Pelimpah

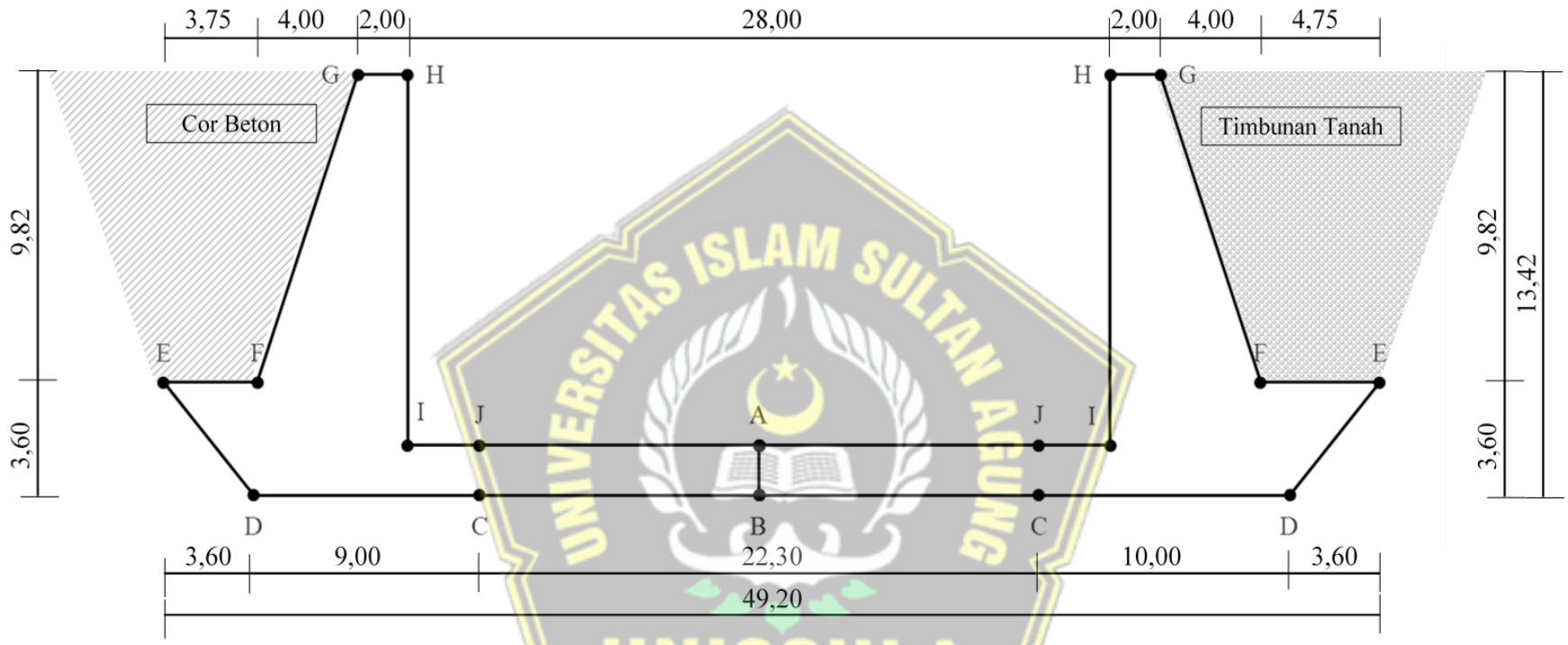
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA



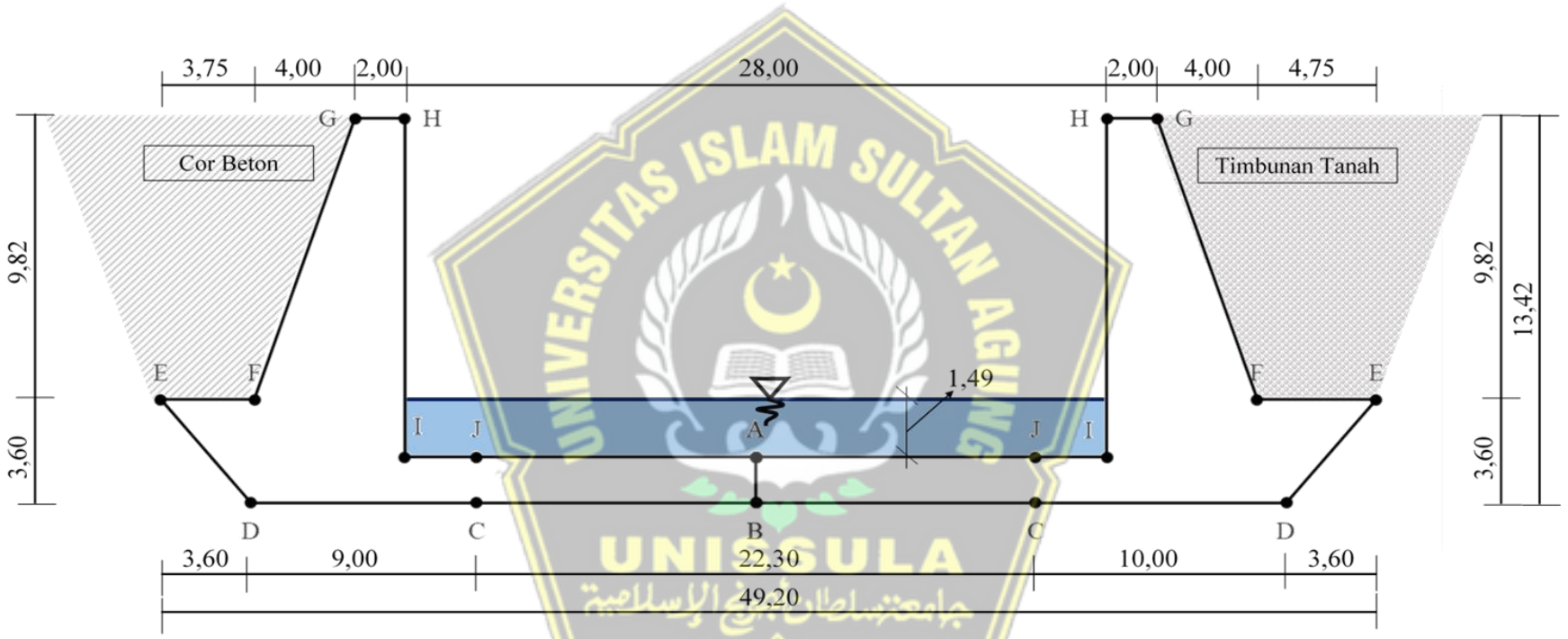
Gambar 4.74 Saluran Samping Pelimpah Kondisi Air Normal



Gambar 4.75 Saluran Samping Pelimpah Kondisi Air Banjir



Gambar 4.76 Dimensi Dinding Penahan Saluran Transisi



Gambar 4.77 Dinding Penahan Saluran Transisi Awal Kondisi Air Banjir

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa hidrologi, hidrolika dan stabilitas yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

5.1.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi menggunakan data curah hujan harian maksimum tahunan dari tiga stasiun curah hujan yaitu Stasiun Curah Sumber, Stasiun Curah Tunjungan dan Stasiun Curah Todanan. Pada penentuan curah hujan maksimum dilakukan analisa distribusi yang menggunakan metode *Gumbel*, metode Normal, metode Log Normal dan metode *Log Pearson Type III* serta dilakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan metode *Chi Square* (secara vertikal) dan metode *Smirnov-Kolmogorov*.

Selanjutnya dilakukan penentuan debit banjir rencana dengan hidrograf banjir Satuan Sintetik *Nakayasu* dan hidrograf banjir Satuan Sintetik Gama I. Berdasarkan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 1000, ½PMP, dan PMP didapatkan HSS *Nakayasu* didapatkan debit sebesar 132,99 m³/dt, 159,63 m³/dt, 171,64 m³/dt, 182,13 m³/dt, 187,76 m³/dt, 192,04 m³/dt, 195,40 m³/dt, 205,72 m³/dt, 441,75 m³/dt, dan 874,72 m³/dt. Kemudian dari HSS Gama I didapatkan debit banjir sebesar 163,50 m³/dt, 196,68 m³/dt, 211,65 m³/dt, 224,71 m³/dt, 231,72 m³/dt, 237,05 m³/dt, 241,24 m³/dt, 254,09 m³/dt, 548,10 m³/dt, dan 1087,42 m³/dt.

Analisa perhitungan hidrolika digunakan debit banjir yang didapat dari analisa Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dengan periode ulang 1000 tahunan sebesar 254,09 m^3/dt

5.1.2 Analisa Tampungan Waduk

Dari peta topografi area DAS Randugunting yang dianalisa melalui bantuan *software AutoCAD* didapatkan volume tampungan atau kapasitas waduk adalah 10,4 Juta m^3 dengan elevasi genangan setinggi ± 94,27 m memiliki luasan sebesar 1,46 Juta m^2.

5.1.3 Analisa Teknis Bangunan Pelimpah

5.1.3.1. Analisa hidrolika bangunan pelimpah

Berdasarkan rangkaian analisa aspek teknis yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut

1. Saluran pelimpah
   a. Tipe pelimpah = Pelimpah samping
   b. Tipe mercu = Ogee I (hulu tegak)
   c. Lebar = 40 m
   d. Kedalaman saluran pengarah = 3 m
2. Saluran samping
   a. Lebar pada hulu (B1) = 40 m
   b. Lebar pada hilir (B2) = 28 m
   c. Panjang saluran (L) = 30 m
3. Saluran transisi
   a. Lebar = 28 m
   b. Panjang = 30 m
4. Saluran peluncur bangunan pelimpah
   a. Panjang (L) = 120 m
   b. Lebar saluran (b) = 28 m
5. Kolam olak
   a. Tipe kolam olak = Kolam olakan datar tipe III
   b. lebar kolam olak = 28 m
   c. panjang saluran = 16,5 m
   d. Analisa perhitungan gigi pemecah aliran
      i. D1 = 0,48 m ≈ 0,5 m
      ii. Jumlah balok gigi-gigi = 28 buah
      iii. Tinggi balok = 0,5 m
      iv. Lebar balok = 0,5 m
      v. Jarak antar balok = 0,5 m
      vi. Jarak blok tepi ke tepi = 0,25 m

e. Analisa perhitungan gigi pembentur aliran

i. Jumlah blok gigi gigi pembentur = 15 buah

ii. Lebar blok = 1 m

iii. Jarak antar balok = 0,75 m

iv. Jarak blok tepi ke tepi = 0,675 m

f. Analisa perhitungan ukuran ambang ujung hilir

i. Fr = 4,98

ii. $\frac{H4}{D1}$ = 1,25

iii. H4 = 0,625 m, dengan kemiringan 2:1

6. Tinggi Jagaan Bangunan Pelimpah

a. Kedalaman air (d) = 3,16 m

b. Tinggi jagaan (Fb) = 1,5 m.

5.1.3.2. Analisa stabilitas bangunan pelimpah

Berdasarkan hasil analisa stabilitas konstruksi bangunan pelimpah (*spillway*) yang dilakukan dengan simulasi keadaan air normal dan keadaan air banjir, didapati bahwa *spillway* aman terhadap bahaya guling, bahaya geser, *uplift*, eksentrisitas, piping dan memenuhi dari segala aspek pengujian terhadap daya dukung tanah yang ada dibawahnya. Masing-masing ketentuan *Safety Factor* (SF) sebagai berikut:

1. SF Guling > 1.5
2. SF Geser > 1.2
3. SF Piping > 2
4. Gaya *Uplift* ΔIw > Hw*CL
5. Eksentrisitas < 1/6*L

5.2 Saran

Perencanaan bangunan pelimpah (*spillway*) yang ideal baiknya diperhitungkan dari berbagai aspek antara lain aspek teknis dan non teknis. Dalam laporan tugas akhir ini hanya membahas analisa teknisnya saja, namun tidak membahas aspek non teknis seperti manfaat keguanan bangunan pelimpah dari aspek sosial dan ekonomi. Maka perlu dilakukan kajian lebih mendalam mengenai

aspek non teknis dan perencanaan anggaran biaya (RAB). Sementara pada rangkaian analisa teknis yang telah dilaksanakan masih perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut mengenai perhitungan struktur baja yang akan digunakan dalam proses konstruksi. Kemudian perlu ditambahkan analisa stabilitas bangunan pelimpah dalam keadaan gempa.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2004. Standar Nasional Indonesia (SNI). RSNI T-02-2004. *Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Dewan Standarisasi Indonesia: Jakarta.

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. 2010. *Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana Edisi Tahun 2010.* Semarang: BBWS Pemali Juana.

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. 2011. *Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana Edisi Tahun 2011*. Semarang: BBWS Pemali Juana.

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. 2012. *Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana Edisi Tahun 2012.* Semarang: BBWS Pemali Juana.

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. 2013. *Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana Edisi Tahun 2013.* Semarang: BBWS Pemali Juana.

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana. 2014. *Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana Edisi Tahun 2014.* Semarang: BBWS Pemali Juana.

Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana, OP SDA. 2015. *Laporan Konservasi Akhir Bendungan Randugunting*. Semarang: BBWS Pemali Juana.

Chow, Van Te. 1985. *Open Channel Hydraulic Terjemahan E. V. Nensi Rosalina*. Jakarta: Erlangga.

Chow, Van Te. 1959. *Open channel hydraulics***.** McGraw-Hill. New York.

Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Dimas P.B, Didip, dan Reni Widyastuti W.S. 2009. *Perencanaan Teknis Dan Kajian Sistem Pengendalian Proyek Dengan Metode Earned Value Pada Bendung Susukan Kabupaten Magelang*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.

Direktorat Bina Teknik, Ditjen Sumber Daya Air. 1999. *Panduan Perencanaan Bendung-an Urugan, Volume II Analisis Hidrologi*.

Dirjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Kriteria Perencanaan 02*, Bandung: CV Galang Persada.

Harto Br, Sri, 2009. *Hidrologi Teori, Masalah, dan Penyelesaian*, Yogyakarta : Nafiri Offset.

Husain, Faiqi Ramadhan. 2017. *Analisis Intensitas Curah Hujan*. Tersedia pada: http://repository.ump.ac.id/3617/3/HUSAIN%20FAIQI%20RAMADHAN%20BAB%20II.pdf. Diakses pada: 3 April 2021.

ICOLD (*International International Commission on Large Dams*). 2002. Tersedia: http://www.icold-cigb.net/GB/dams/definition_of_a_large_dam.asp. Diakses pada: 18 April 2021.
Kartasapoetra dan Mulyani, 1991. *Tekhnologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: PT Melton Putra.

Kementrian PUPR, Badan Penerapan Teknologi Konstruksi, Direktorat Jendral Bina Konstruksi Balai Penerapan Teknologi Konstruksi. 2018. *Materi Suplemen Pengetahuan Pengembangan Keprofesian Sumber Daya Air Prinsip Perencanaan Bendungan Dan Bangunan Pelengap 2018 (2 JP)*. Bandung. Tersedia pada: http://sibima.pu.go.id/pluginfile.php/60700/mod_resource/content/1/02.%20Prinsip%20Perencanaan%20Bendungan%20dan%20Bangunan%20Pelengkap.pdf. Diakses pada: 18 April 2021.

Kementrian PUPR, Badan Pengembangan SDM, Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDA dan Konstruksi. 2016. *Perencanaan Bangunan Utama (Bendung) Diklat Teknis Perencanaan Irigasi Tingkat Dasar (Modul 8)*. Jakarta. Tersedia pada: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/04/3fb9d_MDL_10_Perencanaan_Bangunan_Utama___Bendung_.pdf. Diakses pada: 18 April 2021.

Kementrian PUPR, Badan Pengembangan SDM Pusat Pendidikan Dan Pelatihan SDA Dan Konstruksi. 2018. *Analisis Hidrologi Dan Sedimen Modul Pelatihan Perencanaan Bangunan Sabo (Modul 3)*. Bandung. Tersedia pada: https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2019/03/740a8_6._MODUL-3_ANALISIS_HIDROLOGI_DAN__SEDIMEN.pdf. Diakses pada: 3 April 2021.

Khoirudin, Ahmad, Eko Noerhayati, dan Bambang Suprapto. 2020. *Studi Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) Pada Bendungan Greneng Kabupaten Blora*. Rekayasa Sipil, 8(2), 72-81.

Peterka, A. J. 1958. *Hydraulic Design Of Stilling Basins And Energy Dissipators*. USBR: Washington DC (rev.1964).

Sidharta, SK. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Depok: Gunadarma.

Soemarto, C.D. 1999. Hidrologi Teknik, Edisi II. Jakarta: Erlangga.

Sosrodarsono S, Kazuto N. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 1977. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 1976. *Hidrologi Untuk Pengairan.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Soewarno, 1995. *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data).* Bandung: Nova.

Subramanya, K. 1994. *Engineering Hydrology Second Edition*. India: Tata Mcgraw Hill Publishing Company Limitid.

Sudibyo, 2003. *Teknik Bendungan.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Suryanto, Rony Yuli, Mohammad Taufiq, dan Suwanto Marsudi. 2018. *Studi Perencanaan Spillway Bendungan Seulimeum Di Kabupaten Aceh Besar Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan, 1(1). Tersedia: http://pengairan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmtp/article/view/29. Diakses pada: 13 April 2021.

Triatmodjo, Bambang, 2009, *Hidrologi Terapan"* Yogyakarta: Beta Offset.

USBR (*United State Bureau of Reclamation*). 1960. *Design of Small Dams*. Denver. USA.

USWRC (*United States Water Resources Council*). 1981. *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*. Bulletin No. 17B, 15-19. Tersedia pada: https://water.usgs.gov/osw/bulletin17b/dl_flow.pdf. Diakses pada: 3 April 2021.

USACE (*US Army Corps of Engineers*), *Hydrologic Engineering Center*. 2013. HEC-HMS *Hydrologic Modelling System: User's Manual*. Tersedia pada: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-Hms/documentation/HEC-HMS_Users_Manual_4.0.pdf. Diakses pada: 15 April 2021.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Denah Instrimental Bendungan Randugunting

Lampiran 2 Gambar Potongan Memanjang Bangunan Pelimpah

Lampiran 3 Gambar Detail Potongan A-A

Lampiran 4 Gambar Detaik Potongan B-B

Lampiran 5 Data Curah Hujan (Sumber BMKG Kota Semarang)

Lampiran 6 Data Curah Hujan (Sumber BBWS Pemali Juana)

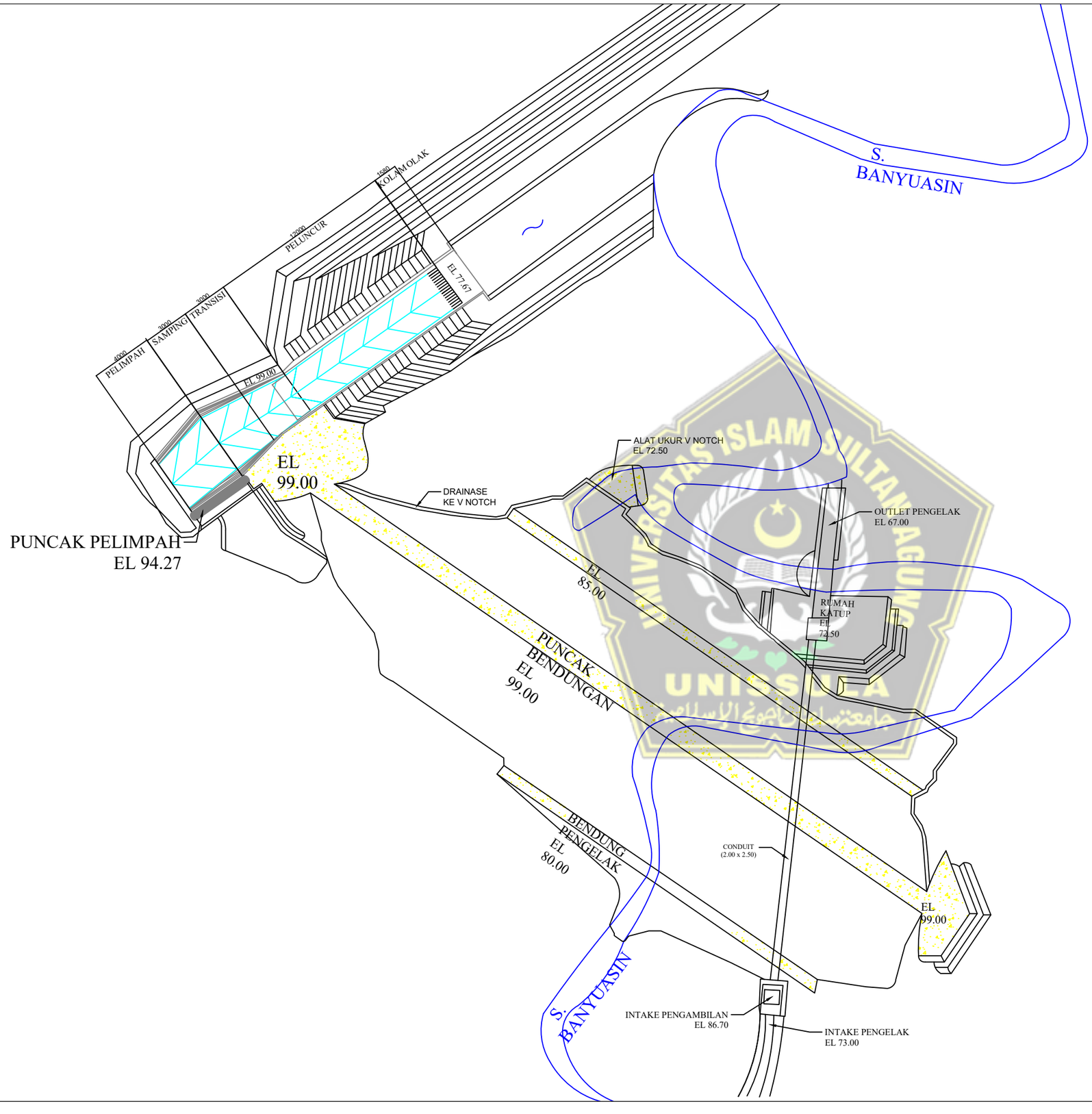
Lampiran 7 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I

Lampiran 8 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II

Lampiran 9 Lembar Asistensi Dosen Pembanding

Lampiran 10 Berita Acara Seminar Tugas Akhir

Lampiran 11 Hasil Uji Turnitin



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR
KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA

DIGAMBAR

ANNISA TURROHMAH
CHANDRA KARTIKA MILLENIA

NIM

30201700022
30201700050

DIPERIKSA

(Ari Sentani, ST., M.Sc)

DISETUJUI

(Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.)

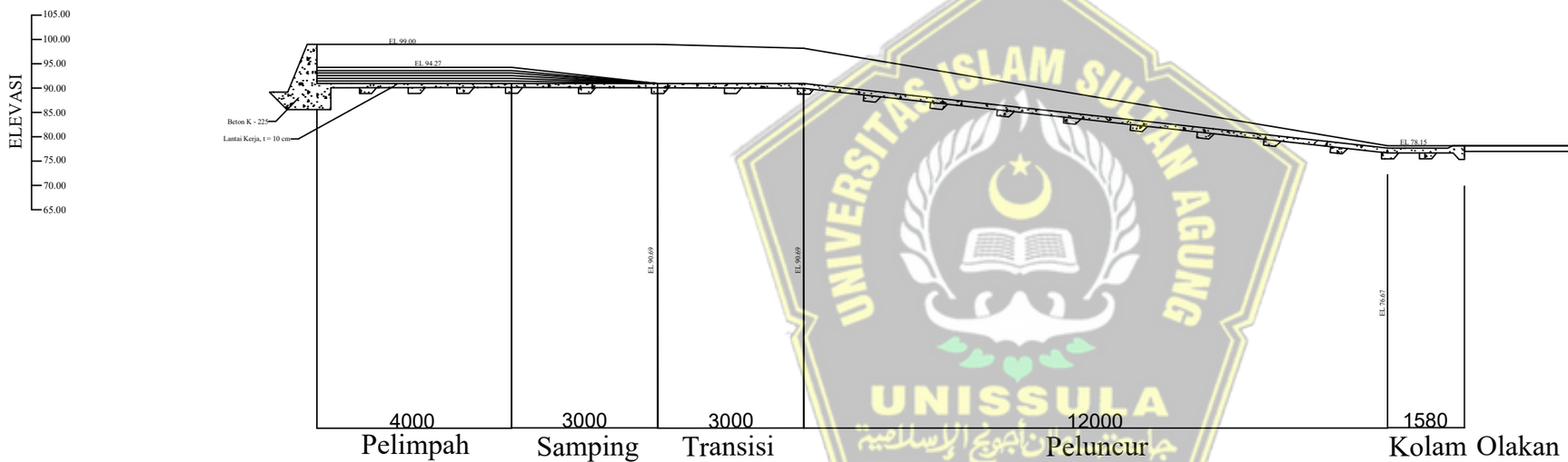
KETERANGAN

DENAH INSTRUMENTASI

SKALA

1 : 100

NO GAMBAR	JML GAMBAR
1	4



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR
KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA

DIGAMBAR

ANNISA TURROHMAH
CHANDRA KARTIKA MILLENIA

NIM

30201700022
30201700050

DIPERIKSA

(Ari Sentani, ST., M.Sc)

DISETUJUI

(Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.)

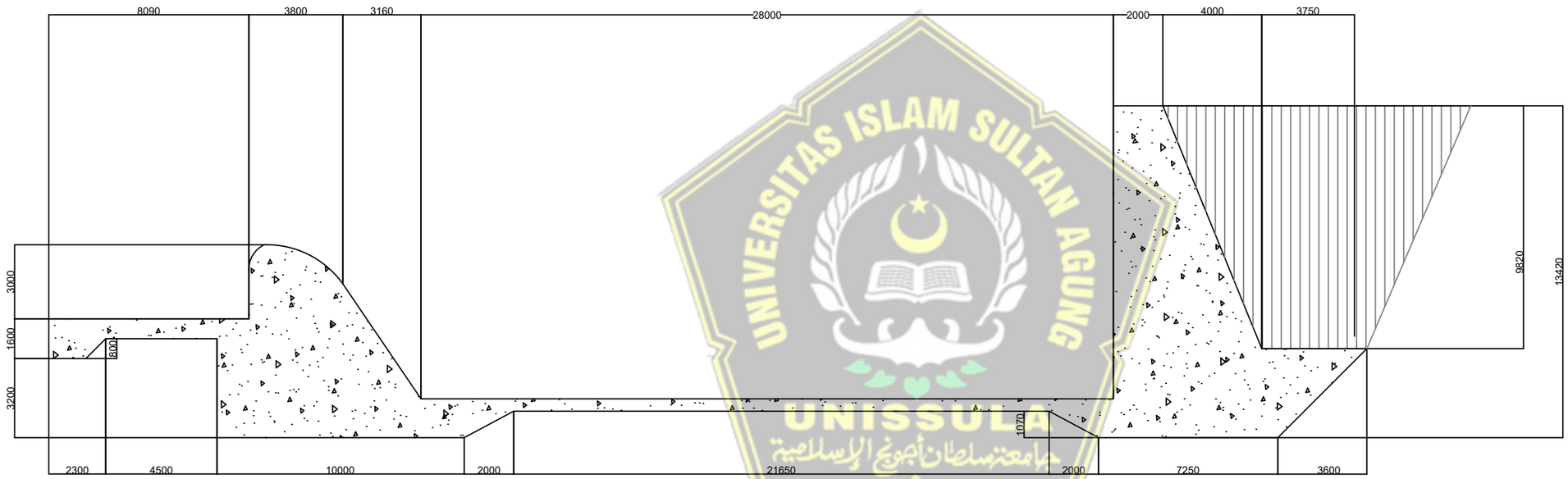
KETERANGAN

POTONGAN MEMANJANG

SKALA

1 : 100

NO GAMBAR	JML GAMBAR
2	4



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR
KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA

DIGAMBAR

ANNISA TURROHMAH
CHANDRA KARTIKA MILLENIA

NIM

30201700022
30201700050

DIPERIKSA

(Ari Sentani, ST., M.Sc)

DISETUJUI

(Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.)

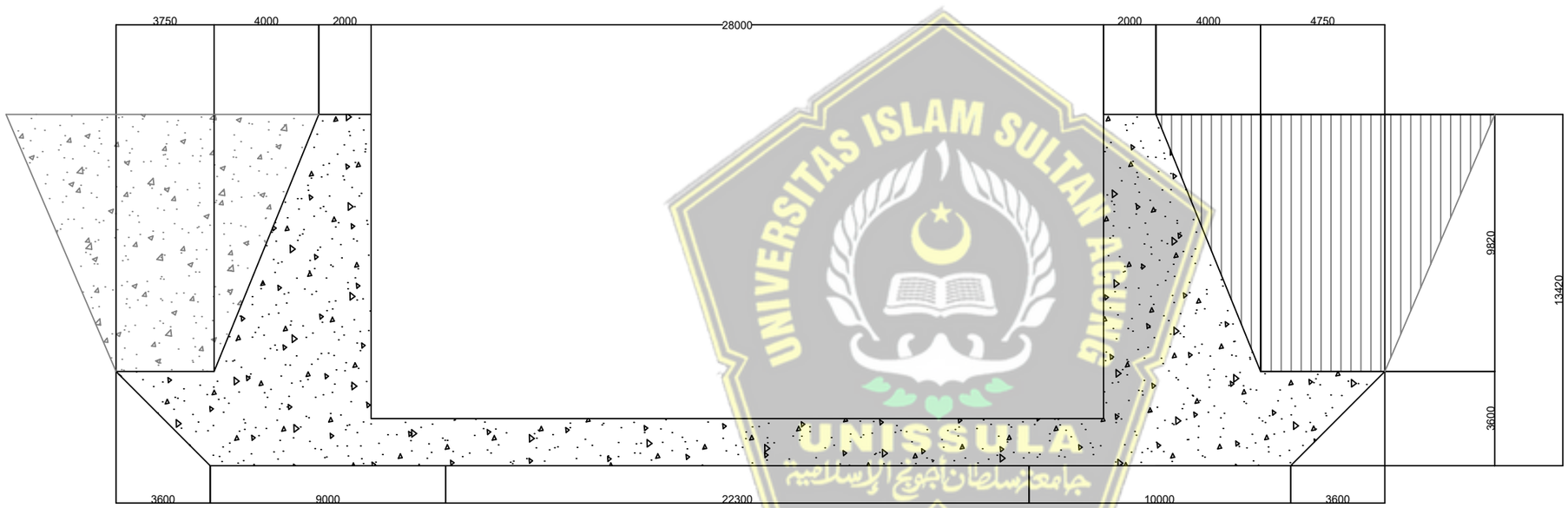
KETERANGAN

DETAIL POTONGAN A-A

SKALA

1 : 100

NO GAMBAR	JML GAMBAR
3	4



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR
KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (*SPILLWAY*)
BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA

DIGAMBAR

ANNISA TURROHMAH
CHANDRA KARTIKA MILLENIA

NIM

30201700022
30201700050

DIPERIKSA

(Ari Sentani, ST., M.Sc)

DISETUJUI

(Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.)

KETERANGAN

DETAIL POTONGAN B-B

SKALA

1 : 100

NO GAMBAR	JML GAMBAR
4	4

Lampiran 5 Data Curah Hujan (Sumber BMKG Kota Semarang)

BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN KLIMATOLOGI SEMARANG
Jl. Siliwangi 281 Semarang 50145 Tel. 024-66632812,6606016 Fax. 024-6612364
e-mail : staklim semarang@bmkg.go.id | Website : http://www.bmkgjateng.com

INFORMASI CURAH HUJAN MAKSIMUM LAWUNGAN KABUPATEN BLORA DAN SUMBER KABUPATEN REMBANG

1. Curah Hujan Maksimum di Lawungan Kabupaten Blora terjadi pada tahun 2019 tanggal 4 November sebesar 95 mm yang berarti hujan dengan intensitas Lebat
2. Curah Hujan Maksimumdi Sumber Kabupaten Rembang terjadi pada tahun 2017 tanggal 10 sebesar 74 mm yang berarti curah hujan dengan intensitas Lebat.
3. Demikian Informasi Iklim yang dapat kami sampaikan semoga bermanfaat

Semarang, 20 April 2021
A.n. Kepala Stasiun Klimatologi Semarang
Koordinator Bidang Data dan Informasi

IIS WIDYA HARMOKO, M.Kom
NIP. 19780122 199803 1 001

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA CURAH HARIAN BULAN JANUARI DAN FEBRUARI 2021
DRACIK KABUPATEN BATANG

Pos Hujan	Kab/kota	Tahun	Bulan	CH MAX	Tgl MAX	Pos Hujan	Kab/kota	Tahun	Bulan	CH MAX	Tgl MAX
SUMBER	Rembang	2016	1	83	2	Bendung Lawungan	Blora	2016	1	46	23
SUMBER	Rembang	2016	2	38	15	Bendung Lawungan	Blora	2016	2	67	6
SUMBER	Rembang	2016	3	45	7	Bendung Lawungan	Blora	2016	3	64	31
SUMBER	Rembang	2016	4	65	17	Bendung Lawungan	Blora	2016	4	48	1
SUMBER	Rembang	2016	5	68	29	Bendung Lawungan	Blora	2016	5	48	10
SUMBER	Rembang	2016	6	40	27	Bendung Lawungan	Blora	2016	6	57	9
SUMBER	Rembang	2016	7	25	4	Bendung Lawungan	Blora	2016	7	47	27
SUMBER	Rembang	2016	8	37	8	Bendung Lawungan	Blora	2016	8	31	6
SUMBER	Rembang	2016	9	30	24	Bendung Lawungan	Blora	2016	9	42	24
SUMBER	Rembang	2016	10	25	9	Bendung Lawungan	Blora	2016	10	12	9
SUMBER	Rembang	2016	11	35	18	Bendung Lawungan	Blora	2016	11	51	16
SUMBER	Rembang	2016	12	22	21	Bendung Lawungan	Blora	2016	12	32	1
SUMBER	Rembang	2017	1	40	25	Bendung Lawungan	Blora	2017	1	50	30
SUMBER	Rembang	2017	2	45	19	Bendung Lawungan	Blora	2017	2	x	x
SUMBER	Rembang	2017	3	35	13	Bendung Lawungan	Blora	2017	3	x	x
SUMBER	Rembang	2017	4	30	6	Bendung Lawungan	Blora	2017	4	x	x
SUMBER	Rembang	2017	5	45	29	Bendung Lawungan	Blora	2017	5	54	29
SUMBER	Rembang	2017	6	90	1	Bendung Lawungan	Blora	2017	6	20	26
SUMBER	Rembang	2017	7	25	21	Bendung Lawungan	Blora	2017	7	15	29
SUMBER	Rembang	2017	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2017	8	0	0
SUMBER	Rembang	2017	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2017	9	18	26
SUMBER	Rembang	2017	10	55	19	Bendung Lawungan	Blora	2017	10	48	16
SUMBER	Rembang	2017	11	30	29	Bendung Lawungan	Blora	2017	11	49	27
SUMBER	Rembang	2017	12	25	31	Bendung Lawungan	Blora	2017	12	74	10
SUMBER	Rembang	2018	1	30	4	Bendung Lawungan	Blora	2018	1	39	20
SUMBER	Rembang	2018	2	45	6	Bendung Lawungan	Blora	2018	2	31	5
SUMBER	Rembang	2018	3	30	6	Bendung Lawungan	Blora	2018	3	38	4
SUMBER	Rembang	2018	4	34	23	Bendung Lawungan	Blora	2018	4	22	2
SUMBER	Rembang	2018	5	12	17	Bendung Lawungan	Blora	2018	5	18	18
SUMBER	Rembang	2018	6	11	8	Bendung Lawungan	Blora	2018	6	33	22
SUMBER	Rembang	2018	7	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	7	x	x
SUMBER	Rembang	2018	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	8	0	0
SUMBER	Rembang	2018	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	9	32	2
SUMBER	Rembang	2018	10	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	10	0	0
SUMBER	Rembang	2018	11	30	26	Bendung Lawungan	Blora	2018	11	41	30
SUMBER	Rembang	2018	12	38	25	Bendung Lawungan	Blora	2018	12	x	x
SUMBER	Rembang	2019	1	45	10	Bendung Lawungan	Blora	2019	1	34	23
SUMBER	Rembang	2019	2	30	26	Bendung Lawungan	Blora	2019	2	31	12
SUMBER	Rembang	2019	3	42	7	Bendung Lawungan	Blora	2019	3	38	18
SUMBER	Rembang	2019	4	45	5	Bendung Lawungan	Blora	2019	4	38	8
SUMBER	Rembang	2019	5	52	8	Bendung Lawungan	Blora	2019	5	0	0
SUMBER	Rembang	2019	6	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	6	0	0
SUMBER	Rembang	2019	7	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	7	0	0
SUMBER	Rembang	2019	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	8	38	16
SUMBER	Rembang	2019	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	9	0	0
SUMBER	Rembang	2019	10	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	10	0	0
SUMBER	Rembang	2019	11	55	4	Bendung Lawungan	Blora	2019	11	32	26
SUMBER	Rembang	2019	12	21	7	Bendung Lawungan	Blora	2019	12	36	18
SUMBER	Rembang	2020	1	40	2	Bendung Lawungan	Blora	2020	1	31	22
SUMBER	Rembang	2020	2	45	4	Bendung Lawungan	Blora	2020	2	31	5
SUMBER	Rembang	2020	3	35	31	Bendung Lawungan	Blora	2020	3	32	19
SUMBER	Rembang	2020	4	84	4	Bendung Lawungan	Blora	2020	4	39	5
SUMBER	Rembang	2020	5	29	21	Bendung Lawungan	Blora	2020	5	38	26
SUMBER	Rembang	2020	6	70	2	Bendung Lawungan	Blora	2020	6	5	4
SUMBER	Rembang	2020	7	40	7	Bendung Lawungan	Blora	2020	7	38	26
SUMBER	Rembang	2020	8	8	12	Bendung Lawungan	Blora	2020	8	43	12
SUMBER	Rembang	2020	9	75	23	Bendung Lawungan	Blora	2020	9	21	25
SUMBER	Rembang	2020	10	18	14	Bendung Lawungan	Blora	2020	10	37	17
SUMBER	Rembang	2020	11	65	20	Bendung Lawungan	Blora	2020	11	43	30
SUMBER	Rembang	2020	12	18	14	Bendung Lawungan	Blora	2020	12	34	15

Sumber: Pos Hujan sumber dan Bendung Lawungan

Keterangan :
x : Tidak ada data

1 – 20 mm/hari : Hujan Ringan
20 – 50 mm/hari : Hujan Sedang
50 – 100 mm/hari : Hujan Lebat
➢ 100 mm/hari : Hujan Sangat Lebat

Semarang, 20 April 2021
A.n. Kepala Stasiun Klimatologi Semarang
Koordinator Bidang Data dan Informasi

IIS WIDYA HARMOKO, M.Kom
NIP. 19780122 199803 1 001

BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA (BMKG)
STASIUN KLIMATOLOGI SEMARANG
JL.Siliwangi No. 291 Semarang 50145 TELP. 024 - 76632712, 7609016, Fax 024 - 7612394

DATA CURAH HUJAN MAX HARIAN TAHUN 2016 - 2020
DI KABUPATEN REMBANG DAN BLORA

Pos Hujan	Kab/kota	Tahun	Bulan	CH MAX	Tgl MAX	Pos Hujan	Kab/kota	Tahun	Bulan	CH MAX	Tgl MAX
SUMBER	Rembang	2016	1	83	2	Bendung Lawungan	Blora	2016	1	46	23
SUMBER	Rembang	2016	2	38	15	Bendung Lawungan	Blora	2016	2	67	6
SUMBER	Rembang	2016	3	45	7	Bendung Lawungan	Blora	2016	3	64	31
SUMBER	Rembang	2016	4	65	17	Bendung Lawungan	Blora	2016	4	48	1
SUMBER	Rembang	2016	5	68	29	Bendung Lawungan	Blora	2016	5	48	10
SUMBER	Rembang	2016	6	40	27	Bendung Lawungan	Blora	2016	6	57	9
SUMBER	Rembang	2016	7	25	4	Bendung Lawungan	Blora	2016	7	47	27
SUMBER	Rembang	2016	8	37	8	Bendung Lawungan	Blora	2016	8	31	6
SUMBER	Rembang	2016	9	30	24	Bendung Lawungan	Blora	2016	9	42	24
SUMBER	Rembang	2016	10	25	9	Bendung Lawungan	Blora	2016	10	12	9
SUMBER	Rembang	2016	11	35	18	Bendung Lawungan	Blora	2016	11	51	16
SUMBER	Rembang	2016	12	22	21	Bendung Lawungan	Blora	2016	12	32	1
SUMBER	Rembang	2017	1	40	25	Bendung Lawungan	Blora	2017	1	50	30
SUMBER	Rembang	2017	2	45	19	Bendung Lawungan	Blora	2017	2	x	x
SUMBER	Rembang	2017	3	35	13	Bendung Lawungan	Blora	2017	3	x	x
SUMBER	Rembang	2017	4	30	6	Bendung Lawungan	Blora	2017	4	x	x
SUMBER	Rembang	2017	5	45	29	Bendung Lawungan	Blora	2017	5	54	29
SUMBER	Rembang	2017	6	90	1	Bendung Lawungan	Blora	2017	6	20	26
SUMBER	Rembang	2017	7	25	21	Bendung Lawungan	Blora	2017	7	15	29
SUMBER	Rembang	2017	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2017	8	0	0
SUMBER	Rembang	2017	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2017	9	18	26
SUMBER	Rembang	2017	10	55	19	Bendung Lawungan	Blora	2017	10	48	16
SUMBER	Rembang	2017	11	30	29	Bendung Lawungan	Blora	2017	11	49	27
SUMBER	Rembang	2017	12	25	31	Bendung Lawungan	Blora	2017	12	74	10
SUMBER	Rembang	2018	1	30	4	Bendung Lawungan	Blora	2018	1	39	20
SUMBER	Rembang	2018	2	45	6	Bendung Lawungan	Blora	2018	2	31	5
SUMBER	Rembang	2018	3	30	6	Bendung Lawungan	Blora	2018	3	38	4
SUMBER	Rembang	2018	4	34	23	Bendung Lawungan	Blora	2018	4	22	2
SUMBER	Rembang	2018	5	12	17	Bendung Lawungan	Blora	2018	5	18	18
SUMBER	Rembang	2018	6	11	8	Bendung Lawungan	Blora	2018	6	33	22
SUMBER	Rembang	2018	7	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	7	x	x
SUMBER	Rembang	2018	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	8	0	0
SUMBER	Rembang	2018	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	9	32	2
SUMBER	Rembang	2018	10	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	10	0	0
SUMBER	Rembang	2018	11	30	26	Bendung Lawungan	Blora	2018	11	41	30
SUMBER	Rembang	2018	12	38	25	Bendung Lawungan	Blora	2018	12	x	x
SUMBER	Rembang	2019	1	45	10	Bendung Lawungan	Blora	2019	1	34	23
SUMBER	Rembang	2019	2	30	26	Bendung Lawungan	Blora	2019	2	31	12
SUMBER	Rembang	2019	3	42	7	Bendung Lawungan	Blora	2019	3	38	18
SUMBER	Rembang	2019	4	45	5	Bendung Lawungan	Blora	2019	4	38	8
SUMBER	Rembang	2019	5	52	8	Bendung Lawungan	Blora	2019	5	0	0
SUMBER	Rembang	2019	6	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	6	0	0
SUMBER	Rembang	2019	7	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	7	0	0
SUMBER	Rembang	2019	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	8	38	16
SUMBER	Rembang	2019	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	9	0	0
SUMBER	Rembang	2019	10	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	10	0	0
SUMBER	Rembang	2019	11	95	4	Bendung Lawungan	Blora	2019	11	32	26
SUMBER	Rembang	2019	12	21	7	Bendung Lawungan	Blora	2019	12	36	18
SUMBER	Rembang	2020	1	40	2	Bendung Lawungan	Blora	2020	1	31	22
SUMBER	Rembang	2020	2	45	4	Bendung Lawungan	Blora	2020	2	31	5
SUMBER	Rembang	2020	3	35	31	Bendung Lawungan	Blora	2020	3	32	19
SUMBER	Rembang	2020	4	84	4	Bendung Lawungan	Blora	2020	4	39	5
SUMBER	Rembang	2020	5	29	21	Bendung Lawungan	Blora	2020	5	38	26
SUMBER	Rembang	2020	6	20	2	Bendung Lawungan	Blora	2020	6	5	4
SUMBER	Rembang	2020	7	46	7	Bendung Lawungan	Blora	2020	7	38	26

SUMBER	Rembang	2020	8	8	12	Bendung Lawungan	Blora	2020	8	43	12
SUMBER	Rembang	2020	9	25	23	Bendung Lawungan	Blora	2020	9	21	25
SUMBER	Rembang	2020	10	18	14	Bendung Lawungan	Blora	2020	10	37	17
SUMBER	Rembang	2020	11	65	20	Bendung Lawungan	Blora	2020	11	43	30
SUMBER	Rembang	2020	12	18	14	Bendung Lawungan	Blora	2020	12	34	15

Keterangan :

Keterangan :

x : tidak ada data

KETERANGAN :

HUJAN HARIAN

1 - 20 mm/hari : Hujan ringan

20 - 50 mm/hari : Hujan sedang

50 - 100 mm/hari : Hujan lebat

> 100 mm/hari : Hujan sangat lebat

Semarang, 20 April 2021

Mengetahui,

A.n Kepala Stasiun Klimatologi Semarang

Kordinator Bidang Data dan Informasi

IIS WIDYA HARMOKO, M.Kom

NIP : 197801221998031001

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA

BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA (BMKG)

STASIUN KLIMATOLOGI SEMARANG

JL. Siliwangi No. 291 Semarang 50145 TELP. 024 - 76632712, 7609016, Fax 024 - 7612394

DATA CURAH HUJAN MAX HARIAN TAHUN 2016 - 2020

DI KABUPATEN REMBANG DAN BLORA

Pos Hujan	Kab/kota	Tahun	Bulan	CH MAX	Tgl MAX	Pos Hujan	Kab/kota	Tahun	Bulan	CH MAX	Tgl MAX
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	1	51	4
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	2	44	28
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	3	55	31
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	4	56	16
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	5	49	15
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	6	28	19
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	7	16	5
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	8	0	0
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	9	0	0
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	10	x	x
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	11	x	x
-	-	-	-	-	-	Bendung Lawungan	Blora	2015	12	x	x
SUMBER	Rembang	2016	1	83	2	Bendung Lawungan	Blora	2016	1	46	23
SUMBER	Rembang	2016	2	38	15	Bendung Lawungan	Blora	2016	2	67	6
SUMBER	Rembang	2016	3	45	7	Bendung Lawungan	Blora	2016	3	64	31
SUMBER	Rembang	2016	4	65	17	Bendung Lawungan	Blora	2016	4	48	1
SUMBER	Rembang	2016	5	68	29	Bendung Lawungan	Blora	2016	5	48	10
SUMBER	Rembang	2016	6	40	27	Bendung Lawungan	Blora	2016	6	57	9
SUMBER	Rembang	2016	7	25	4	Bendung Lawungan	Blora	2016	7	47	27
SUMBER	Rembang	2016	8	37	8	Bendung Lawungan	Blora	2016	8	31	6
SUMBER	Rembang	2016	9	30	24	Bendung Lawungan	Blora	2016	9	42	24
SUMBER	Rembang	2016	10	25	9	Bendung Lawungan	Blora	2016	10	12	9

SUMBER	Rembang	2016	11	35	18	Bendung Lawungan	Blora	2016	11	51	16
SUMBER	Rembang	2016	12	22	21	Bendung Lawungan	Blora	2016	12	32	1
SUMBER	Rembang	2017	1	40	25	Bendung Lawungan	Blora	2017	1	50	30
SUMBER	Rembang	2017	2	45	19	Bendung Lawungan	Blora	2017	2	x	x
SUMBER	Rembang	2017	3	35	13	Bendung Lawungan	Blora	2017	3	x	x
SUMBER	Rembang	2017	4	30	6	Bendung Lawungan	Blora	2017	4	x	x
SUMBER	Rembang	2017	5	45	29	Bendung Lawungan	Blora	2017	5	54	29
SUMBER	Rembang	2017	6	90	1	Bendung Lawungan	Blora	2017	6	20	26
SUMBER	Rembang	2017	7	25	21	Bendung Lawungan	Blora	2017	7	15	29
SUMBER	Rembang	2017	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2017	8	0	0
SUMBER	Rembang	2017	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2017	9	18	26
SUMBER	Rembang	2017	10	55	19	Bendung Lawungan	Blora	2017	10	48	16
SUMBER	Rembang	2017	11	30	29	Bendung Lawungan	Blora	2017	11	49	27
SUMBER	Rembang	2017	12	25	31	Bendung Lawungan	Blora	2017	12	74	10
SUMBER	Rembang	2018	1	30	4	Bendung Lawungan	Blora	2018	1	39	20
SUMBER	Rembang	2018	2	45	6	Bendung Lawungan	Blora	2018	2	31	5
SUMBER	Rembang	2018	3	30	6	Bendung Lawungan	Blora	2018	3	38	4
SUMBER	Rembang	2018	4	34	23	Bendung Lawungan	Blora	2018	4	22	2
SUMBER	Rembang	2018	5	12	17	Bendung Lawungan	Blora	2018	5	18	18
SUMBER	Rembang	2018	6	11	8	Bendung Lawungan	Blora	2018	6	33	22
SUMBER	Rembang	2018	7	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	7	x	x
SUMBER	Rembang	2018	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	8	0	0
SUMBER	Rembang	2018	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	9	32	2
SUMBER	Rembang	2018	10	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2018	10	0	0
SUMBER	Rembang	2018	11	30	26	Bendung Lawungan	Blora	2018	11	41	30
SUMBER	Rembang	2018	12	38	25	Bendung Lawungan	Blora	2018	12	x	x
SUMBER	Rembang	2019	1	45	10	Bendung Lawungan	Blora	2019	1	34	23
SUMBER	Rembang	2019	2	30	26	Bendung Lawungan	Blora	2019	2	31	12
SUMBER	Rembang	2019	3	42	7	Bendung Lawungan	Blora	2019	3	38	18
SUMBER	Rembang	2019	4	45	5	Bendung Lawungan	Blora	2019	4	38	8
SUMBER	Rembang	2019	5	52	8	Bendung Lawungan	Blora	2019	5	0	0
SUMBER	Rembang	2019	6	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	6	0	0
SUMBER	Rembang	2019	7	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	7	0	0
SUMBER	Rembang	2019	8	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	8	38	16
SUMBER	Rembang	2019	9	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	9	0	0
SUMBER	Rembang	2019	10	0	0	Bendung Lawungan	Blora	2019	10	0	0
SUMBER	Rembang	2019	11	95	4	Bendung Lawungan	Blora	2019	11	32	26
SUMBER	Rembang	2019	12	21	7	Bendung Lawungan	Blora	2019	12	36	18
SUMBER	Rembang	2020	1	40	2	Bendung Lawungan	Blora	2020	1	31	22
SUMBER	Rembang	2020	2	45	4	Bendung Lawungan	Blora	2020	2	31	5
SUMBER	Rembang	2020	3	35	31	Bendung Lawungan	Blora	2020	3	32	19
SUMBER	Rembang	2020	4	84	4	Bendung Lawungan	Blora	2020	4	39	5
SUMBER	Rembang	2020	5	29	21	Bendung Lawungan	Blora	2020	5	38	26
SUMBER	Rembang	2020	6	20	2	Bendung Lawungan	Blora	2020	6	5	4
SUMBER	Rembang	2020	7	46	7	Bendung Lawungan	Blora	2020	7	38	26
SUMBER	Rembang	2020	8	8	12	Bendung Lawungan	Blora	2020	8	43	12
SUMBER	Rembang	2020	9	25	23	Bendung Lawungan	Blora	2020	9	21	25
SUMBER	Rembang	2020	10	18	14	Bendung Lawungan	Blora	2020	10	37	17
SUMBER	Rembang	2020	11	65	20	Bendung Lawungan	Blora	2020	11	43	30
SUMBER	Rembang	2020	12	18	14	Bendung Lawungan	Blora	2020	12	34	15

Keterangan :

Keterangan :
x : tidak ada data

KETERANGAN :
HUJAN HARIAN

1 - 20 mm/hari	: Hujan ringan
20 - 50 mm/hari	: Hujan sedang
50 - 100 mm/hari	: Hujan lebat
> 100 mm/hari	: Hujan sangat lebat

Semarang, 20 April 2021
Mengetahui,
A.n Kepala Stasiun Klimatologi Semarang
Kordinator Bidang Data dan Informasi

IIS WIDYA HARMOKO, M.Kom
NIP : 197801221998031001

Lampiran 6 Data Curah Hujan (Sumber BBWS Pemali Juana)

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. fi 13 | Tahun 2010

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 1992
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 110 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS, 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: CIPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	63.5	0.50	55.5	38.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	8.00
2	39.5	38.5	0.50	1.00	6.50	0.00	7.00	0.00	0.00	12.5	167	0.00
3	8.00	5.50	50.5	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	1.50	2.50	11.3
4	105	0.50	5.50	0.00	0.00	0.00	6.00	3.00	0.00	1.00	0.0	43.3
5	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	25.5	1.00	0.00	0.00	0.00	14.0	28.2
6	4.50	0.50	4.50	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00	11.0	20.0	20.5	46.7
7	9.50	0.00	11.0	0.00	0.50	5.00	0.00	1.00	0.00	26.0	38.0	12.3
8	9.50	0.50	14.5	0.00	2.00	0.50	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	41.1
9	3.50	0.00	27.5	0.00	1.00	0.50	10.5	0.00	12.0	0.00	5.50	0.00
10	13.0	0.00	4.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.0	0.00
11	16.0	0.00	1.50	36.0	4.50	0.00	6.50	0.00	2.50	0.00	0.00	5.10
12	4.00	4.00	3.00	0.50	40.0	0.00	6.00	3.00	130.50	0.00	0.00	0.00
13	1.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00
14	49.0	17.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	11.0	0.00
15	6.50	2.00	0.00	0.00	1.00	32.5	0.00	0.00	0.00	42.5	0.00	4.30
16	4.00	0.00	30.5	32.0	28.0	27.5	2.50	0.00	4.50	46.5	25.5	0.00
17	16.5	0.00	0.00	0.00	0.50	6.50	21.0	0.00	4.50	1.50	0.00	0.00
18	0.50	29.5	9.50	0.00	0.00	0.50	3.50	0.00	0.00	49.0	0.00	16.0
19	0.50	41.5	5.00	15.0	14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	11.0	0.00	0.00
20	0.00	14.0	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	29.0
21	5.50	0.00	2.50	12.5	2.50	0.00	0.00	19.0	1.50	58.5	0.00	0.00
22	0.50	0.00	4.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
23	8.50	3.00	0.00	0.00	45.5	0.00	0.00	3.50	11.0	0.00	23.0	0.00
24	0.50	25.0	5.00	12.5	0.50	0.00	0.00	3.00	15.5	5.00	11.5	0.00
25	15.0	24.5	0.00	1.00	0.00	0.00	23.0	10.5	2.50	0.00	5.00	39.5
26	1.50	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00	2.00	2.50	35.0	1.00	1.50	0.00
27	32.0	1.00	0.5	99.0	5.50	0.00	35.0	0.00	0.00	8.50	8.00	9.00
28	0.50	51.00	0.00	1.00	18.0	2.00	5.00	0.00	0.00	30.0	9.50	0.00
29	31.5		64.5	0.00	11.5	1.00	0.00	0.00	0.50	0.00	11.5	0.00
30	0.00		36.5	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	13.7
31	0.00		0.50		5.50		0.00	0.50		5.50		34.3
Jumlah (mm)	462	280	293	254	187	116	138	45.50	249	319	369	508
Jumlah hari hujan (hari)	28	18	21	15	20	12	14	10	15	18	18	15
Rata-rata (mm)	14.9	9.27	9.44	8.45	6.19	3.87	4.44	1.52	8.20	10.40	12.3	11.0
Max (mm)	105	51.0	55.5	99.0	45.5	32.50	35.00	19.00	131	58.5	167	46.7

Keterangan : "-" tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. fi 13 | Tahun 2011

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 1992
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 110 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS, 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: CIPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	10.0	50.9	0.00	20.6	25.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
2	0.00	9.20	13.7	0.00	24.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.3	0.00
3	0.00	7.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.70	11.3
4	0.00	14.0	8.50	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.0	43.3
5	0.00	48.5	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.2
6	27.0	0.00	0.00	0.00	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.7
7	0.00	0.00	13.5	44.60	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.0	12.3
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.1
9	0.00	0.00	0.00	0.00	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.5	0.00
10	11.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.0	0.00
11	0.00	0.00	0.00	9.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.10
12	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.20	0.00
13	11.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	3.50	0.00	16.70	29.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
16	13.0	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	0.00
17	0.00	20.00	11.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.0	0.00
18	0.00	0.00	25.5	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	6.20	16.0
19	0.00	0.00	0.00	0.00	7.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.00
21	8.60	39.00	12.2	0.00	50.3	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	10.2	0.00
22	0.00	0.00	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	34.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	7.70	0.00
25	28.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.70	39.5
26	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	0.00
27	0.00	0.00	23.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00
29	9.50		0.00	0.00	0.00	6.40	0.00	0.00	0.00	5.00	14.7	0.00
30	25.0		40.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	13.7
31	0.00		0.00		0.00		0.00	0.00		58.2		34.3
Jumlah (mm)	190	199	160	159	161	6.40	0.00	0.00	7.00	23.5	305	308
Jumlah hari hujan (hari)	10	9	9	8	9	1	0	0	1	5	17	15
Rata-rata (mm)	5.15	7.12	5.17	5.11	5.18	6.21	0.00	0.00	0.23	2.64	10.1	11.0
Max (mm)	28.4	50.9	40.3	44.6	50.3	6.40	0.00	0.00	7.00	58.2	65.0	46.7

Keterangan : "-" tidak ada data

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. R 15 | Tahun 2012

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 119 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS; 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: CIPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	5.50	0.00	0.00	10.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	18.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	2.00	6.90	0.00	10.1	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	34.5	0.00	38.9	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.2
5	14.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.5	5.50	0.00
6	58.5	0.00	5.4	54.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	1.50
7	1.00	0.00	6.00	0.00	98.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	24.3
8	14.0	0.00	13.2	0.00	21.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00
9	53.1	0.00	36.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.6
10	11.5	12.6	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	18.2	0.00	7.20	0.00	0.00	59.6	0.00	0.00	0.00	4.50	0.00	14.8
12	2.60	0.00	10.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	27.5	0.00	3.30	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.3	92.2	1.00
14	52.6	0.00	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.0	0.00
15	32.5	0.00	4.00	21.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.1	0.00
16	70.6	20.6	10.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.9	0.00
17	23.6	4.70	0.00	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	28.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.9	34.7
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	2.40
20	0.00	14.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	49.1	0.00
21	50.5	1.30	15.1	8.20	9.90	19.0	0.00	0.00	0.00	6.20	38.8	14.8
22	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	13.3
23	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	29.5
24	7.40	0.00	8.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.5
25	11.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	27.1
26	0.00	18.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.7	37.7
27	0.00	34.7	0.00	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.0	6.50
28	0.00	9.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00		0.00	0.00	53.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	43.5		7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.4	0.00
31	10.8		0.00		0.00		0.00	0.00		0.00		22.8
Jumlah (mm)	515	187	132	182	191	78.6	0.00	0.00	1.60	86.5	366	503
Jumlah hari hujan (hari)	22.0	11.0	13.0	10.0	6.00	2.00	0.00	0.00	1.00	4.00	18.0	16.0
Rata-rata (mm)	16.6	6.69	4.26	6.08	6.16	2.67	0.00	0.00	0.05	2.79	12.2	10.5
Max (mm)	70.6	34.7	36.4	54.4	98.6	59.6	0.00	0.00	1.60	64.5	92.2	59.6

Keterangan : " - " tidak ada data

Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana 2012

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. R 13 | Tahun 2013

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 119 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS; 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	78,5	0,00	0,00	18,6	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	42,1		10,0
2	18,8	3,20	0,00	56,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	52,5	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	31,1	0,00	0,00	0,00	0,00	11,9
4	0,00	1,00	27,0	4,90	0,00	57,6	12,5	0,00	10,2	0,00	0,00	18,5
5	46,3	55,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,4
6	19,8	24,6	0,00	18,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,10	0,00
7	25,3	0,00	0,00	7,50	76,1	1,80	0,00	0,00	0,00	12,7	0,00	71,0
8	12,1	0,00	0,00	87,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,0	0,00	7,70
9	18,8	0,00	13,9	0,00	0,00	46,6	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90	2,70
10	0,00	48,4	4,90	78,0	0,00	57,6	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	183,2
11	34,3	13,5	14,6	0,00	0,00	8,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	47,4	0,00	49,3	0,00	61,8	0,00	0,00	38,0	62,3	16,7
15	10,3	0,00	0,00	8,60	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	31,5
14	19,3	3,00	4,00	0,00	22,5	4,50	6,70	0,00	0,00	0,00	50,1	0,00
15	1,50	0,00	48,0	0,00	2,70	0,00	12,0	0,00	0,00	0,00	77,7	47,7
16	18,6	50,8	34,5	29,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,9	2,20
17	0,00	9,70	11,9	0,00	27,1	62,7	0,00	0,00	0,00	0,00	50,8	9,00
18	19,8	0,00	0,00	20,2	67,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,8	34,4
19	0,00	22,5	48,2	41,1	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,3
20	52,2	0,00	78,2	1,50	0,00	30,4	0,00	0,00	0,00	0,00	24,7	2,50
21	0,00	0,00	0,00	0,00	14,7	57,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60
22	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,6
23	4,20	18,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,7
24	0,00	6,50	4,10	51,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,20
25	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00	0,00	5,00	0,00	0,00	2,20
26	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	10,30	0,00
27	0,00	37,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	51,3	11,50	0,00	0,00	15,40	55,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,00
30	61,6		6,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,90	0,00
31	85,8		5,70		15,00		0,00	0,00		36,10		18,8
Jumlah (mm)	836	291	349	423	283	359	154	0,00	15,2	103	368	539
Jumlah hari hujan (hari)	21,0	15,0	14,0	13,0	11,0	14,0	7,00	0,00	2,00	5,00	13,0	22,0
Rata-rata (mm)	20,5	10,4	11,5	14,1	9,50	12,0	4,97	0,00	0,51	4,48	12,3	18,0
Max (mm)	85,8	50,8	78,2	87,0	76,1	62,7	61,8	0,00	10,2	42,1	77,7	183

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. ft 15 | Tahun 2014

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 119 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS; 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	10.0	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.10	14.6	5.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	2.10	15.9	84.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.6
4	56.8	65.8	43.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.0
5	53.6	8.80	46.1	8.70	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	27.6	0.00	2.00	22.7	14.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.0
7	52.5	0.00	69.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	15.6	0.00	0.00	28.7	0.00	0.00	0.00	105	0.00
9	34.0	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	55.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.5	0.00
11	0.00	15.7	15.7	20.0	0.00	10.8	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	15.0
12	9.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.8
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	207	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	10.4	0.00	0.00	6.50	5.60	0.00	4.40	0.00	0.00	0.00	5.00	9.90
15	8.40	70.7	70.7	31.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.9	16.0
16	0.00	13.7	13.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.70	0.00
17	4.40	0.00	0.00	50.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.6	51.0
18	17.2	0.00	0.00	0.00	0.00	32.5	0.00	0.00	0.00	0.00	16.1	30.4
19	30.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.9	4.00
20	29.3	0.00	0.00	21.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.7
21	30.7	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.1
22	94.2	1.20	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	11.2	16.0	14.2	44.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.5
24	47.40	14.2	1.40	0.00	3.60	0.00	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	11.5
25	10.7	1.40	0.00	32.4	0.00	67.0	0.00	0.00	0.00	0.00	88.0	27.0
26	0.00	0.00	0.00	9.70	0.00	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	30.3	7.40
27	0.00	0.00	0.00	12.6	0.00	1.50	2.40	0.00	0.00	0.00	19.3	0.00
28	7.70	0.00	0.00	0.00	3.50	9.00	0.00	0.00	0.00	54.2	33.8	28.00
29	24.0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.0	0.00
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.50	19.50	0.00	67.7	0.00
31	0.00		0.00		0.00		0.00	0.00		2.50		15.2
Jumlah (mm)	555	298	384	276	50.6	123	246	24.5	19.5	56.7	574	642
Jumlah hari hujan (hari)	22.0	15.0	13.0	12.0	5.00	7.00	5.00	1.00	1.00	3.00	15.0	18.0
Rata-rata (mm)	17.9	10.6	12.4	9.19	0.99	4.16	7.03	0.79	0.65	1.91	19.1	21.2
Max (mm)	94.2	70.7	84.0	50.3	14.8	67.0	207	24.5	19.5	54.2	103.0	96.0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. R.13 | Tahun 2015

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 119 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS; 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	7.0	9.2	0.0	26.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0
2	26.9	0.0	3.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	26.0	0.0	80.9	106.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
4	0.0	100.1	0.0	50.6	55.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.6	0.0
5	0.0	9.3	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.0
6	1.7	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8
7	0.0	4.0	0.0	46.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.5	0.0
9	41.5	0.0	3.6	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	8.1
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	48.8
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0
12	7.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	5.5	1.7	2.1	36.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0
14	14.3	72.0	0.0	31.5	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
15	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	218.4
16	0.0	0.0	12.1	90.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	10.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
18	21.0	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	25.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9
20	0.0	6.7	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4
21	0.0	0.0	45.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	33.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	15.8	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	4.7	47.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2
25	104.8	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7
26	0.0	0.0	16.7	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7
29	0.0		0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.7	0.0
31	0.0		11.7		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
Jumlah (mm)	273.6	242.9	385.4	445.6	77.1	5.7	0.0	0.0	0.0	14.7	157.3	519.6
Jumlah hari hujan (hari)	12.0	12.0	13.0	17.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	17.0
Rata-rata (mm)	8.8	8.7	9.9	14.5	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	5.2	16.8
Max (mm)	104.8	100.1	80.9	106.7	55.1	5.7	0.0	0.0	0.0	14.7	57.5	218.4

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. R 13 | Tahun 2016

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 119 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS; 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0,0	10,5	3,6	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	68,7
2	130,4	0,0	3,1	17,2	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	48,0
3	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	13,4	0,0	86,3	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0
5	0,0	14,5	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	56,6	0,0
6	7,1	58,3	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	1,7	21,1
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	28,8	2,5
8	0,0	33,3	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3
9	0,0	31,7	0,0	62,5	0,0	28,0	0,0	6,2	0,0	34,9	2,2	16,8
10	23,6	30,0	0,0	3,6	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	20,4	75,2	0,0
11	9,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	3,2	0,0
12	22,2	26,1	24,3	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	206,5	26,5
13	0,0	2,8	9,2	34,9	25,0	0,0	0,0	53,5	0,0	4,7	0,0	2,0
14	0,0	0,0	0,0	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	8,0
15	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	2,4
16	0,0	30,2	0,0	6,1	25,6	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,0	0,0
17	0,0	2,6	0,0	0,0	5,1	0,0	19,3	0,0	5,4	1,7	44,8	0,0
18	3,9	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	9,0	16,4
19	4,5	62,1	0,0	0,0	0,0	42,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	2,2
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1
21	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	23,4	0,0	22,5	0,0	0,0	0,5
22	46,7	0,0	99,5	6,5	3,5	0,0	4,5	0,0	0,0	24,3	0,0	0,0
23	97,1	59,5	0,0	2,6	116,6	0,0	0,0	0,0	31,0	0,0	0,0	0,0
24	18,4	13,0	2,4	7,1	0,0	1,1	0,0	0,0	77,1	17,6	10,1	0,0
25	0,0	51,8	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	27,8	0,0	18,3	0,0
26	5,0	7,1	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	16,7	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,1	15,4	0,0	0,0
28	75,8	0,0	0,0	0,0	48,8	5,3	0,0	0,0	25,9	3,5	0,0	0,0
29	0,0	10,6	0,0	73,1	0,0	4,2	0,0	0,0	7,2	11,2	57,3	26,5
30	0,0		0,0	0,0	34,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	15,0	53,2
31	0,0		0,0		0,0		4,2	0,0		0,0		2,0
Jumlah (mm)	462,8	472,4	205,9	337,8	264,0	122,1	67,4	61,9	432,3	174,4	733,0	352,2
Jumlah hari hujan (hari)	13,0	13,0	10,0	16,0	9,0	9,0	6,0	3,0	9,0	15,0	18,0	17,0
Rata-rata (mm)	14,9	16,3	6,6	11,3	8,5	4,1	2,2	2,0	13,7	5,6	24,4	11,4
Max (mm)	130,4	62,1	99,5	79,8	116,6	42,8	23,4	53,5	129,1	34,9	206,5	68,7

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan | No. R 13 | Tahun 2017

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 119 m dpal
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 55' 27" LS; 111 22' 17" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	75,7	48,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,8
2	0,0	29,0	12,4	11,1	23,8	0,0	3,5	0,0	0,0	22,1	0,0	0,0
3	0,0	66,8	24,6	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0
4	33,4	31,7	84,6	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	5,7	18,8	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	20,7	24,7
6	6,3	25,3	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	0,0
7	14,5	5,5	0,0	10,3	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7	30,2	0,0
9	0,0	30,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	62,2	7,3
10	0,0	27,2	0,0	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,1	25,5	47,3
11	19,1	4,2	147,1	47,7	0,0	0,0	2,5	3,3	8,4	27,4	0,0	86,3
12	0,0	6,2	13,6	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	24,1
13	0,0	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0
14	12,8	35,6	123,0	21,6	0,0	3,2	5,1	0,0	0,0	0,0	116,3	3,8
15	41,0	0,5	0,0	5,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	0,0
16	5,2	13,6	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,7	17,4	24,7
17	11,5	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	90,3	0,0
18	4,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0
19	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
20	10,5	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	7,9	16,7	0,0
21	50,0	0,0	22,6	0,0	0,0	0,0	90,4	0,0	0,0	0,0	63,5	0,0
22	123,6	78,1	11,0	86,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	14,0
23	16,3	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	41,6	26,6
24	70,0	2,5	2,6	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,2	5,8	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,3	0,0	0,0	26,6	0,0	48,3	0,0
26	9,3	128,3	4,1	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0
27	28,2	0,0	1,5	58,7	50,7	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	4,3	0,0
28	13,0	17,3	66,7	77,4	25,5	30,8	3,3	0,0	5,6	0,0	26,6	0,5
29	7,0		0,0	0,0	49,0	0,0	0,0	0,0	19,0	26,7	6,0	0,0
30	11,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0
31	1,9		17,3		0,0		0,0	0,0		0,0		17,9
Jumlah (mm)	570,8	608,3	561,5	374,9	211,7	94,6	113,3	3,3	64,1	350,7	679,2	324,0
Jumlah hari hujan (hari)	22,0	22,0	15,0	15,0	7,0	6,0	7,0	1,0	5,0	14,0	21,0	13,0
Rata-rata (mm)	18,4	21,7	18,1	12,5	6,8	3,2	3,7	0,1	2,1	11,3	22,6	10,5
Max (mm)	123,6	128,3	147,1	86,1	50,7	43,3	90,4	3,3	26,6	70,7	116,3	86,3

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan — Tahun 2018

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: Jratunseluna	Elevasi Pos	: + 119 m dpl
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 6° 55' 22.68" LS, 111° 22' 11.58" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	40.2	18.5	212.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	12.6
2	33.7	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	0.0	0.0	0.0
3	13.8	5.9	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.8
4	98.9	10.3	0.0	91.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	0.0	6.2
5	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7
6	68.8	13.0	68.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	9.8
7	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.6	0.0
8	17.7	20.4	14.4	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	32.3
9	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	37.8
10	0.0	68.9	5.7	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.1	0.0
11	0.0	1.3	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.7
12	0.0	2.0	56.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.5
13	0.0	0.5	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	6.2
14	21.8	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9
16	0.0	44.7	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9
17	0.0	4.2	20.2	0.0	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0
18	7.7	0.0	4.5	0.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	1.0	59.5	0.0
20	59.4	12.3	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	1.8	46.5	0.0
21	22.6	120.3	0.0	1.2	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	7.9	0.0	3.7	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
23	2.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	29.1	23.5	1.2	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.9
25	0.0	0.0	4.4	0.0	19.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	195.5
26	1.6	49.3	80.0	0.0	0.0	21.0	0.0	0.0	0.0	27.0	8.6	6.1
27	19.0	100.3	2.7	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	2.1
28	0.0	0.0	37.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.5		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	0.0	0.0
30	0.5		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.5	0.0
31	2.3		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		9.5
Jumlah (mm)	454.4	532.0	572.9	130.9	108.0	38.1	2.2	0.0	18.3	68.6	397.1	523.5
Jumlah hari hujan (hari)	19.0	20.0	17.0	0.0	6.0	5.0	1.0	0.0	1.0	6.0	15.0	17.0
Rata-rata (mm)	14.7	19.0	18.5	4.4	3.5	1.3	0.1	0.0	0.6	2.2	13.2	16.9
Max (mm)	98.9	120.3	212.4	91.1	33.0	21.0	2.2	0.0	18.3	27.0	100.6	195.5

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Tunjungan — Tahun 2019

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2007
Wilayah Sungai	: Jratunseluna	Elevasi Pos	: + 119 m dpl
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 6° 55' 22.68" LS, 111° 22' 11.58" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Tunjungan	Pelaksana	: PSDA BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	13,7	40,7	-	-	78,3	-	-	-	-	-	-	21,2
2	-	14,7	-	10,1	3,9	-	-	-	-	-	17,2	-
3	-	-	33,4	4,0	-	1,7	-	-	1,1	-	15,6	-
4	3,7	50,5	7,3	-	53,9	-	-	-	-	-	81,4	-
5	-	76,8	2,2	108,6	-	-	-	-	-	-	32,7	-
6	-	2,1	33,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1
7	29,2	-	7,0	-	3,9	-	-	-	-	-	-	-
8	9,9	13,3	0,5	76,2	3,8	-	-	-	-	-	-	1,9
9	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,1
10	27,2	14,2	18,8	-	-	-	-	-	-	-	3,4	-
11	-	2,4	5,2	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1,8	45,4	-	47,7	-	-	-	-	-	-	11,9	-
13	12,6	0,5	4,1	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-
14	33,0	-	-	8,8	-	-	-	-	-	-	-	25,9
15	-	-	-	-	3,5	56,4	-	-	-	-	-	-
16	8,0	-	-	4,5	-	-	-	24,8	-	-	-	3,3
17	9,6	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5
18	27,8	-	39,3	79,1	-	-	-	-	-	-	-	26,4
19	-	-	65,5	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3,8	-	198,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,5
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0
22	13,7	-	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	18,1	9,6	-	-	-	-	-	3,2	-	-	-	-
24	12,7	0,5	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	7,2	7,9	28,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	26,2	15,0	1,1	-	-	-	-	3,2	-	-	29,3	3,1
27	10,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	36,3	-	17,7	62,3	-	-	-	-	0,5	0,5	-	1,0
29	3,2		12,2	38,0	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-
31	2,7		20,9		-		-	-		-		13,7
Jumlah (mm)	318,5	293,6	505,9	449,3	147,3	58,1	0,0	33,2	1,6	0,5	192,0	115,7
Jumlah hari hujan (hari)	22,0	14,0	20,0	14,0	6,0	2,0	0,0	3,0	2,0	1,0	7,0	13,0
Rata-rata (mm)	10,3	10,5	16,3	15,0	4,8	1,9	0,0	1,1	0,1	0,0	6,4	3,7
Max (mm)	30,3	76,8	198,0	108,6	78,3	56,4	0,0	24,8	1,1	0,5	81,4	26,4

Keterangan : " - " Tidak ada hujan
"0" Hujan tapi tidak sampai 1 mm
"x" Tidak mencatat



DATA HUJAN HARIAN

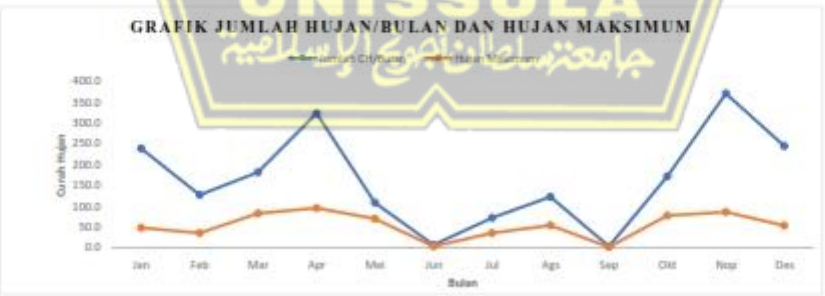
Nama Pos : Pos Curah Hujan Tunjungan — Tahun 2020

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: -
Wilayah Sungai	: JratunSeluna	Elevasi Pos	: -
Lokasi Pos	: Tunjungan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: -06° 55' 22.68" LS, 111° 22' 11.58" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Tunjungan / Blora	Pelaksana	: PSDA BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	13.7	2	0.5	-	-	-	-	-	-	-	21.7	-
2	13.3	35.1	2	-	-	-	-	-	-	-	27	-
3	9	1.7	6.5	-	-	3	19.4	-	1.6	-	2.7	8
4	3.5	12.1	-	4.3	-	-	-	-	-	-	-	14.9
5	0.5	-	7	14.7	-	-	-	-	-	-	13.8	-
6	18.4	14.9	-	10.3	-	-	-	19.7	-	-	-	0.5
7	13.9	-	3.1	8.8	0.5	-	14.2	-	-	-	-	22.9
8	0.5	9.5	-	28	-	-	-	-	-	13.4	-	11.7
9	1.2	-	1.1	16	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	2.2	33.9	13	-	-	-	-	-	-	11.2
11	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	16.8	-	6.9
12	2.5	0.5	-	79.5	-	-	-	54	-	-	-	12.2
13	-	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	-	2.8
14	5.1	-	-	21	15.3	-	-	-	-	-	9	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5
16	-	-	82	-	-	-	35.4	-	-	-	1.1	4.9
17	-	9.5	2.9	-	-	-	-	-	-	77.2	4.9	31.2
18	18.2	1.7	0.5	-	-	-	-	-	-	-	16	26.7
19	-	-	17.1	4.8	-	-	-	-	-	-	-	6.2
20	1.4	24.4	26.6	-	-	-	2.6	-	-	-	22	1.7
21	-	6.5	0.5	95.2	3	-	-	-	-	-	1.8	-
22	48	-	-	-	-	3.6	-	-	-	16.7	71	-
23	-	0.5	-	-	-	-	-	0.5	1.8	24.5	71.9	-
24	13	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	0.5	7	-	-	-	-	-	-	-	15.8	2.3	2.2
26	5.2	-	-	-	09.4	-	-	-	-	-	-	-
27	2	-	3.5	-	-	-	-	-	-	-	-	2
28	7.1	-	-	-	-	-	-	-	-	2.8	17.6	12.1
29	48	-	-	-	6.7	-	-	-	-	-	1.6	0.5
30	-		-	-	-	-	-	48	-	4	85.5	-
31	12.9		22.9				-	-		-		52.9
Jumlah (mm)	237.9	126.6	181.4	322.3	107.9	6.6	71.6	122.2	3.4	171.2	369.9	244.0
Jumlah hari hujan (hari)	21.0	14.0	16.0	12.0	6.0	2.0	4.0	4.0	2.0	8.0	16.0	20.0
Rata-rata (mm)	7.7	4.5	5.9	10.7	3.5	0.2	2.3	3.9	0.1	5.5	12.3	7.9
Max (mm)	48.0	35.1	82.0	95.2	09.4	3.6	35.4	54.0	1.8	77.2	85.5	52.9

Keterangan : " 0 " Hujan < 1mm
" X " Tidak Ada Data
" - " Tidak Ada Hujan



DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. R 14 | Tahun 2016

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS; 111 10' 33" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0,0	0,0	13,0	6,0	15,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0
2	0,0	7,0	36,0	77,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	10,0	0,0	5,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0
4	74,0	2,0	43,0	9,0	0,0	19,0	0,0	0,0	7,0	0,0	32,0	0,0
5	0,0	13,0	6,0	15,0	0,0	3,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	25,0	15,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	0,0	0,0
7	15,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0	0,0
8	0,0	31,0	0,0	33,0	7,0	33,0	9,0	5,0	22,0	0,0	0,0	25,0
9	0,0	11,0	0,0	15,0	0,0	0,0	2,0	0,0	18,0	0,0	0,0	28,0
10	1,0	4,0	17,0	0,0	6,0	27,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
11	0,0	1,0	0,0	29,0	36,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	7,0	0,0
12	0,0	8,0	99,0	22,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	23,0	0,0	12,0
13	19,0	0,0	43,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0
15	0,0	26,0	0,0	37,0	1,0	42,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
16	0,0	0,0	0,0	11,0	4,0	2,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,0
17	19,0	0,0	0,0	31,0	23,0	5,0	7,0	0,0	0,0	0,0	68,0	45,0
18	0,0	0,0	13,0	16,0	18,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	19,0	55,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	17,0	0,0	18,0	0,0	14,0
20	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0
21	9,0	0,0	0,0	16,0	25,0	12,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0
22	2,0	86,0	0,0	49,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	28,0	0,0
24	0,0	84,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	15,0	0,0
25	0,0	6,0	11,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	27,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	96,0	32,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	12,0	8,0	1,0	0,0	0,0	0,0	33,0	4,0	0,0
29	1,0	0,0	17,0	8,0	11,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	12,0	0,0
30	0,0		5,0	0,0	33,0	3,0	0,0	5,0	8,0	0,0	9,0	137,0
31	0,0		22,0		0,0		0,0	0,0		3,0		0,0
											-	
Jumlah (mm)	237,0	375,0	340,0	447,0	240,0	147,0	76,0	49,0	103,0	137,0	259,0	378,0
Jumlah hari hujan (hari)	10,0	17,0	13,0	20,0	18,0	10,0	8,0	6,0	9,0	9,0	11,0	10,0
Rata-rata (mm)	7,6	12,9	11,0	14,9	7,7	4,9	2,5	1,6	3,4	4,4	8,6	12,2
Max (mm)	96,0	86,0	99,0	77,0	36,0	42,0	20,0	17,0	22,0	33,0	68,0	137,0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. fi 14 | Tahun 2010

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 1992
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS, 111 10' 53" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: CIPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	32.0	2.00	10.0	3.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.0
2	114	25.0	1.00	0.00	0.00	0.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
3	27.0	0.00	105	0.00	0.00	0.0	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.5
4	53.0	0.00	12.0	1.50	0.50	0.00	12.5	25.0	0.00	0.00	0.00	3.00
5	43.0	0.00	19.0	0.50	7.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12.5
6	65.0	3.50	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
7	30.0	0.00	2.50	0.50	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00
8	9.50	32.0	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	32.50
9	9.00	6.00	25.5	0.00	8.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.0
10	19.0	7.00	42.0	0.00	0.00	13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	3.50	4.00
11	3.00	0.00	5.00	61.5	45.5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
12	15.0	0.50	1.00	0.50	28.0	43.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	16.5
13	10.0	0.00	3.50	0.00	15.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.0	1.50
14	63.5	0.00	0.00	2.50	3.50	1.50	0.00	38.5	0.00	0.00	8.00	28.5
15	5.50	29.5	0.00	3.00	0.50	16.0	0.00	7.00	0.0	0.00	0.00	2.50
16	22.5	2.00	2.50	15.5	13.0	170	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	10.5
17	36.0	0.00	0.00	0.00	0.50	3.50	20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00
18	1.50	0.00	27.0	0.00	5.00	0.50	4.50	0.00	0.00	0.00	0.50	55.5
19	5.00	18.5	2.50	0.00	17.5	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	10.0	10.5
20	0.50	37.0	0.00	7.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	23.0
21	25.5	0.00	0.00	80.5	0.50	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	11.5	20.0	0.00	1.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	47.0
23	2.50	75.5	0.00	0.00	26.0	6.00	0.00	3.50	0.00	0.00	24.5	11.0
24	0.00	0.50	0.50	52.0	0.00	0.00	0.00	47.5	0.00	0.00	22.0	0.00
25	1.50	3.00	0.00	10.5	0.00	0.00	27.5	0.50	0.00	0.00	3.50	0.50
26	8.00	0.00	40.5	0.00	4.00	36.5	3.00	13.5	0.00	0.00	0.50	5.00
27	16.0	7.00	0.00	74.5	2.50	0.00	15.5	0.00	0.00	0.00	1.00	17.0
28	17.5	23.5	1.50	50.0	7.00	24.5	2.50	0.00	0.00	0.00	3.50	1.00
29	3.00		68.5	0.00	34.0	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	14.0
30	0.00		43.0	0.00	20.0	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	31.5	1.00
31	0.00		0.00		28.5		0.00	0.50		0.00		4.50
Jumlah (mm)	647	295	412	385	246	337	97.0	147	0.00	0.00	135	475
Jumlah hari hujan (hari)	28	17	20	16	22	30	10	11	0	0	16	28
Rata-rata (mm)	20.9	10.4	13.3	12.2	8.85	11.2	3.15	4.79	0.00	0.00	4.43	15.5
Max (mm)	114	75.5	105	80.5	45.5	170	27.5	47.5	0.00	0.00	31.5	80.0

Keterangan : "-" tidak ada data

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. fi 14 | Tahun 2011

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 1992
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS, 111 10' 53" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: CIPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.0	60.0	0.00	0.00	0.00	0.00	15.0
2	0.00	11.0	31.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	21.0	0.00	0.00	32.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	8.00	0.00	28.0	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.0
5	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	3.00	15.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.0
7	15.0	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	69.0	3.00
8	27.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.0	0.00
9	23.0	20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	30.0	0.00	10.0	0.00	12.0	0.00	0.00	0.00	18.0	72.0
11	0.00	0.00	34.00	49.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	3.00	0.00	0.00	0.00	38.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	10.0	6.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	19.0	0.00	0.00	0.00	22.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.0	0.00
15	27.0	57.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.0	0.00	0.00	0.00
16	18.0	0.00	19.0	45.0	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
17	9.00	1.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.0	0.00
19	0.00	0.00	18.0	0.00	36.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	74.0	0.00	0.00	18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.0	76.0
21	0.00	11.0	5.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	25.0	0.00	0.00	45.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	11.0	4.00	0.00	0.00	65.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00
25	0.00	3.00	0.00	11.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	4.00	32.0	26.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	3.00	28.0	23.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	12.0	15.0	0.00	61.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00
29	5.00		0.00	15.0	0.00	0.00	0.00	0.00	28.0	0.00	30.0	20.0
30	0.00		49.0	0.00	31.0	21.0	0.00	0.00	29.0	0.00	0.00	0.00
31	0.00		23.0		0.00		0.00	0.00		0.00		0.00
Jumlah (mm)	235	282	313	254	229	85.0	72.0	0.00	85.0	0.00	327	246
Jumlah hari hujan (hari)	19	14	14	8	8	3	2	0	4	0	9	7
Rata-rata (mm)	7.52	10.1	10.1	8.47	7.39	2.77	2.32	0.00	2.83	0.00	10.9	7.94
Max (mm)	27.0	74.0	49.0	61.0	65.0	32.0	60.0	0.00	29.0	0.00	74.0	76.0

Keterangan : "-" tidak ada data

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. R 14 | Tahun 2012

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2008
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS; 111 10' 33" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: CIPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.00	0.00	27.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	40.0	0.00
5	0.00	0.00	35.0	20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.0	42.0	2.00
6	14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.0	20.0	5.00
7	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.0	15.0	2.00
8	15.0	0.00	4.00	0.00	19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.0	0.00
9	40.0	0.00	0.00	25.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
10	14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	13.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	41.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.0	6.00
14	0.00	9.00	12.0	5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.0	1.00	6.00
15	25.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	11.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.0	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	15.0	18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.0	4.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.0	34.0
22	0.00	0.00	0.00	0.00	18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.0
23	61.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	64.0
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.0
25	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.0
26	8.00	36.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	38.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
29	6.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	17.0		0.00		25.0		0.00	0.00		28.0		0.00
Jumlah (mm)	279	69.0	156	70.0	37.0	12.0	0.00	0.00	10.0	81.00	212	241
Jumlah hari hujan (hari)	15.0	5.00	5.00	5.00	3.00	1.00	0.00	0.00	1.00	7.00	11.0	12.0
Rata-rata (mm)	9.00	2.5	5.03	2.33	2.00	0.40	0.00	0.00	9.33	3.52	7.07	7.77
Max (mm)	61.0	36.0	38.0	25.0	25.0	12.0	0.00	0.00	10.0	28.00	42.0	64.0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. R 14 | Tahun 2013

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS; 111 10' 33" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	27,0	0,00	12,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	54,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	39,0	12,0
4	0,00	28,0	75,0	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,0
5	33,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,0
6	25,0	0,00	0,00	25,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,0	52,0
7	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,0	0,00	0,00
8	6,00	0,00	0,00	21,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,0	0,00	0,00
9	29,0	0,00	0,00	0,00	0,00	55,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,0
10	2,00	60,0	39,0	2,00	0,00	0,00	12,0	0,00	0,00	0,00	47,0	25,0
11	26,0	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00
12	0,00	0,00	40,0	0,00	0,00	0,00	22,0	0,00	0,00	0,00	21,0	17,0
13	0,00	55,0	0,00	12,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
14	32,0	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,0	48,0
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	26,0	0,00	76,0	18,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	17,0	0,00	0,00	39,0	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,0	4,00
18	6,00	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,0
19	27,0	23,0	24,0	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	53,0	0,00
21	0,00	1,00	4,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	6,00	16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,0
24	0,00	0,00	0,00	21,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,0	14,0	0,00
25	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	55,0	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	33,0	34,0	0,00	0,00	32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	57,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	6,00		75,0	0,00	16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	13,0		0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		22,0
Jumlah (mm)	356	234	428	187	95,0	100	56,0	0,00	0,00	137	354	299
Jumlah hari hujan (hari)	17,0	8,00	13,0	12,0	4,00	4,00	3,00	0,00	0,00	5,00	8,00	13,0
Rata-rata (mm)	11,5	8,36	13,8	4,43	3,06	3,33	1,81	0,00	0,00	4,42	11,8	10,4
Max (mm)	54,0	60,0	75,0	25,0	39,0	57,0	22,00	0,00	0,00	77,0	80,0	52,0

Keterangan : " - " tidak ada data

Laporan Publikasi Hidrologi BBWS Pemali Juana 2013

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. ft 14 | Tahun 2014

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS; 111 10' 33" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0.00	15.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	50.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	49.0	20.0	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	26.0	8.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	65.0	5.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
9	3.00	21.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	46.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.0
12	0.00	39.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	23.0
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.0	0.00	39.0
14	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.0	0.00
15	31.0	0.00	0.00	64.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00
18	47.0	0.00	50.00	0.00	0.00	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	38.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	53.0	0.00	0.00	0.00	0.00	15.0	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	46.0	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	21.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
23	43.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	3.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	17.0	0.00	0.00	0.00	17.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.0
29	8.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00		0.00		0.00		0.00	0.00		0.00		0.00
Jumlah (mm)	457	175	74	118	24.0	53	15.0	8.00	0.00	14	38	104
Jumlah hari hujan (hari)	13.0	10.00	4.0	3.0	3.00	4.00	1.00	1.00	0.00	2.00	2.00	7.0
Rata-rata (mm)	14.7	6.25	1.4	1.93	0.77	1.27	0.48	0.26	0.00	0.45	1.3	3.4
Max (mm)	65.0	39.0	50.0	64.0	17.0	15.0	15.00	8.00	0.00	11.0	32.0	39.0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. R 14 | Tahun 2015

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS; 111 10' 33" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0	0.0
5	55.0	0.0	26.0	0.0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	20.0	0.0	113.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0
8	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	26.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0
15	20.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	34.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	28.0	0.0	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	0.0
21	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	40.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.0
29	3.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
											-	
Jumlah (mm)	216.0	83.0	136.0	246.0	100.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.0	206.0
Jumlah hari hujan (hari)	8.0	4.0	6.0	7.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	5.0
Rata-rata (mm)	7.0	2.3	4.4	8.2	3.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	6.6
Max (mm)	39.0	28.0	40.0	113.0	56.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	60.0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan | No. R 14 | Tahun 2017

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: SELUNA	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 06 56' 20" LS; 111 10' 33" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
2	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	47,0
3	0,0	0,0	68,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	0,0	0,0
4	38,0	44,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	9,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	44,0	16,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0
7	0,0	31,0	85,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	16,0	0,0	15,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	5,0	27,0	0,0
9	1,0	0,0	0,0	9,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0
10	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0
11	9,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	3,0	5,0	0,0	0,0	0,0	46,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	5,0	7,0
13	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	12,0	0,0	43,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	66,0	0,0
15	29,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0
17	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	46,0	0,0
18	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	7,0	0,0	16,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	22,0
21	43,0	63,0	9,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	81,0	6,0
22	14,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	3,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,0	9,0	0,0
25	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	0,0
26	2,0	27,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	32,0	0,0	6,0	0,0
27	17,0	0,0	16,0	0,0	15,0	21,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0
28	3,0	0,0	17,0	13,0	0,0	29,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0
29	0,0		8,0	58,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	11,0	0,0
30	20,0		0,0	0,0	5,0	0,0	17,0	0,0	55,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0		6,0
											-	
Jumlah (mm)	329,0	274,0	307,0	173,0	53,0	111,0	29,0	5,0	89,0	254,0	302,0	194,0
Jumlah hari hujan (hari)	20,0	9,0	12,0	11,0	5,0	6,0	4,0	1,0	3,0	9,0	11,0	9,0
Rata-rata (mm)	10,6	8,0	9,9	5,8	1,7	3,7	0,9	0,2	3,0	8,2	10,1	6,3
Max (mm)	44,0	63,0	85,0	58,0	15,0	29,0	17,0	5,0	55,0	53,0	81,0	47,0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan — Tahun 2018

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: Jratunseluna	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 6° 56' 19.19" LS; 111° 10' 39.44" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: OPSDA I BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
1	0.0	17.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
3	14.0	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0
4	10.0	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	23.0	38.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0
7	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	21.0	47.0	25.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	7.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0
10	11.0	27.0	0.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0
11	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	5.0
12	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
13	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	49.0
14	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	26.0	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
17	0.0	2.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	26.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	17.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	20.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0
20	0.0	5.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	12.0	16.0	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0
22	23.0	0.0	0.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.0	0.0
24	8.0	32.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0	23.0
25	0.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	10.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0	30.0
27	6.0	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	10.0	0.0
28	2.0	37.0	7.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
29	18.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.0	0.0
31	14.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		28.0
											-	
Jumlah (mm)	184.0	324.0	148.0	141.0	38.0	6.0	0.0	1.0	16.0	38.0	229.0	250.0
Jumlah hari hujan (hari)	14.0	18.0	10.0	7.0	4.0	1.0	0.0	1.0	2.0	5.0	11.0	11.0
Rata-rata (mm)	5.9	11.6	4.8	4.7	1.2	0.2	0.0	0.0	0.5	1.2	7.6	8.1
Max (mm)	27.0	41.0	47.0	42.0	19.0	6.0	0.0	1.0	15.0	12.0	66.0	61.0

Keterangan : " - " tidak ada data

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DATA HUJAN HARIAN

Nama Pos : Pos Hujan Todanan — Tahun 2019

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: 2006
Wilayah Sungai	: Jratunseluna	Elevasi Pos	: + 250 m dpl
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: 6° 56' 19.19" LS; 111° 10' 39.44" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Blora / Todanan	Pelaksana	: PSDA BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	8,0	8,0	-	41,0	-	-	-	-	-	-	10,0	-
2	11,0	-	-	32,0	101,0	-	-	-	-	-	-	43,0
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	38,0	22,0	-	-	-	-	-	-	-	102,0	20,0
5	-	-	-	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	8,0	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-
8	12,0	-	5,0	75,0	-	-	-	-	-	-	-	40,0
9	-	-	-	-	37,0	-	-	-	-	-	-	-
10	6,0	-	-	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	24,0	57,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
12	-	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	64,0	-
13	-	-	3,0	41,0	-	-	-	-	-	-	5,0	-
14	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	32,0	5,0	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-
17	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68,0
18	29,0	45,0	50,0	22,0	-	-	-	-	-	-	-	52,0
19	-	-	38,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	22,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,0
21	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	11,0	-	-	-	-	-	-	34,0	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	21,0	20,0	75,0	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	30,0	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-	44,0	-
28	58,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	5,0		-	61,0	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-
31	-		-		-		-	-		-		-
											-	
Jumlah (mm)	240,0	210,0	275,0	380,0	138,0	0,0	0,0	34,0	0,0	0,0	225,0	242,0
Jumlah hari hu	14,0	9,0	10,0	12,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	7,0
Rata-rata (mm	17,1	23,3	27,5	31,7	69,0	0,0	0,0	34,0	0,0	0,0	45,0	34,6
Max (mm)	58,0	45,0	76,0	75,0	101,0	0,0	0,0	34,0	0,0	0,0	102,0	68,0

Keterangan : " - " Tidak ada hujan
"0" Hujan tapi tidak sampai 1 mm
"x" Tidak mencatat



DATA HUJAN HARIAN

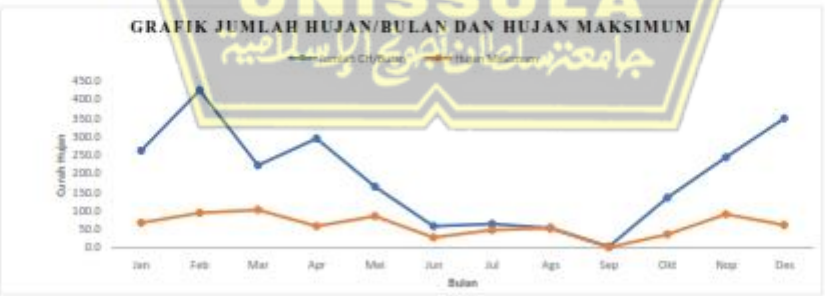
Nama Pos : Pos Curah Hujan Todanan — Tahun 2020

Daerah Aliran Sungai	: Lusi	Tahun Pendirian	: -
Wilayah Sungai	: JratunSeluna	Elevasi Pos	: -
Lokasi Pos	: Todanan	Dibangun Oleh	: PIPWS Jratunseluna
Data Geografis	: -06° 56' 18.79" LS, 111° 10' 39.27" BT	Propinsi	: Jawa Tengah
Kabupaten/Kecamatan	: Todanan / Blora	Pelaksana	: PSDA BBWS Pemali Juana

Tabel Hujan Harian (mm)

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	19	-
2	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	-
3	38	85	-	16	-	-	-	-	-	-	8	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
6	37	94	33	20	-	-	-	-	-	3	-	12
7	-	-	-	58	-	-	-	-	-	-	-	61
8	35	-	-	46	-	-	-	-	-	-	-	25
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
10	-	25	-	-	-	24	-	-	-	-	4	43
11	-	39	-	-	85	-	-	53	-	11	1	-
12	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	12	14
13	-	55	-	43	-	-	-	-	-	-	-	3
14	-	-	23	-	-	-	-	-	1	-	8	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	48	-	-	-	9	10
17	-	65	102	-	-	6	-	-	1	36	5	9
18	-	-	-	24	21	-	-	-	-	-	8	49
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	10
20	-	47.5	-	-	-	-	16	-	-	-	-	3
21	-	12	7.5	50	-	-	-	-	-	1	-	-
22	12	-	-	-	-	28	-	-	-	7	22	-
23	-	-	20	-	-	-	-	-	1	21	1	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	11	-
25	-	2.5	-	-	-	-	-	-	-	21	-	4
26	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	7	-
27	39	-	-	-	-	-	-	-	-	3		49
28	14	-	-	-	40	-	-	-	-	-	7	1
29	-	0	-	33	-	-	-	-	-	17	4	2
30	-		37	-	-	-	-	-	-	-	8	9
31	-		-				-	-		5		35
Jumlah (mm)	262.0	425.0	222.5	295.0	165.0	58.0	64.0	53.0	3.0	135.0	244.0	349.0
Jumlah hari hujan (hari)	7.0	9.0	6.0	8.0	5.0	3.0	2.0	1.0	3.0	12.0	19.0	18.0
Rata-rata (mm)	8.5	15.2	7.2	9.8	5.3	1.9	2.1	1.7	0.1	4.4	8.1	11.3
Max (mm)	67.0	94.0	102.0	58.0	85.0	28.0	48.0	53.0	1.0	36.0	90.0	61.0

Keterangan : " 0 " Hujan < 1mm
" X " Tidak Ada Data
" - " Tidak Ada Hujan



Lampiran 7 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : **Kajian Teknis Bengunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora**
Nama : **Annisa Turrohmah (30201700022)**
Chandra Kartika Millenia (30201700050)
Dosen I : **Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**
Dosen II : **Ari Sentani, ST., M.Sc**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	30 - 03 - 2021	- Fokus ke analisis teknis spillway saja. - Cari literatur & kajian terkait dg bendungan, hidrologi, spillway atau kajian yg terkait.	
2.	06 - 04 - 2021	- Perbaiki pendahuluan agar lebih fokus. - Tambahkan di studi pustaka, lebih detail lagi (gambar & sketsa dll, juga diperlukan). - Perbaiki flowchart di bab 3. - Tambahkan studi/kajian terdahulu di bab 2	
3.	26 - 04 - 2021	- Lanjutkan dan lengkapi analisis hidrologi. - Lanjutkan analisis hidraulika & bangunan	

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : **Kajian Teknis Bengunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora**

Nama : **Annisa Turrohmah (30201700022)**
Chandra Kartika Millenia (30201700050)

Dosen I : **Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**

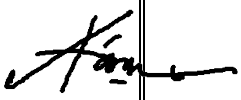
Dosen II : **Ari Sentani, ST., M.Sc**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4.	27-5-2021	- Periksa kembali simulasi hitungan Spillway. Lihat Keamanannya V & Gunakan H max - Koreksi hitungan H max. - Lampirkan gbr desain - Cek stabilitas	
5.	09-6-2021	- Buat kesimpulan - Buat gbr desain dan detailnya	
6	19-7-2021	- Setuju seminar hasil	
7	29-7-2021	- acc ujian TA	

Lampiran 8 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : Kajian Teknis Bengunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora
Nama : Annisa Turrohmah (30201700022)
Chandra Kartika Millenia (30201700050)
Dosen I : Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.
Dosen II : Ari Sentani, ST., M.Sc

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	10 /Juni/ 2021	1. Gunakan tulisan miring untuk kata serapan atau kata bahasa asing, semisal clay 2. Perhatikan penulisan kata sambung 3. Perhatikan penulisan Randu Gunting, apakah disambung apa dipisah 4. Kurangi jumlah halaman latar belakang, maksimal 2 halaman saja, sisanya bisa diletakan di bab 2 atau bab 4 5. Sebutkan sumber gambar 6. Gunakan minimal 6 buku referensi, di meja saya ada buku tentang bendung coba hubungi mbak alif 7. jelaskan tentang penentuan polygon thiesen dan menggunakan jenis peta apa atau aplikasi apa untuk penentuan pos hujan 8. silahkan lanjutkan ke perhitungan hidrolikanya	

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : **Kajian Teknis Bengunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora**
Nama : **Annisa Turrohmah (30201700022)**
Chandra Kartika Millenia (30201700050)
Dosen I : **Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**
Dosen II : **Ari Sentani, ST., M.Sc**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
2	07 /Juli/ 2021	1. Koreksi Bab I : → Setiap pengertian harus disebutkan sumbernya, misal "Bendungan urugan tipe homogen merupakan bendungan yang lapisan-lapisannya tersusun dari bahan-bahan yang memiliki gradasi butiran yang hampir sama seperti bahan material tanah clay atau batuan yang dapat menahan rembesan dan laju air" (sebutkan sumbernya) 2. Koreksi Bab II : → Untuk persamaan bisa dibuat titik titik sampai ke nomor persamaan sehingga nomor tersebut jelas menunjukan persamaan yang mana 3. Koreksi Bab III : → Koreksi beberapa penulisan "bangunan" masih banyak yang typo	

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : **Kajian Teknis Bengunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora**

Nama : **Annisa Turrohmah (30201700022)**
Chandra Kartika Millenia (30201700050)

Dosen I : **Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**

Dosen II : **Ari Sentani, ST., M.Sc**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
2	07 /Juli/ 2021	4. Koreksi Bab IV: → Perhatikan penulisan titik dan desimal, karena memiliki pengertian berbeda antara 1.000 mm (seribu milimeter) dan 1,000 (satu milimeter)Jika bisa gunakan gambar peletakan gaya gaya yang bekerja untuk stabilitas bangunan, hal ini akan memudahkan penjelasan ketika presentasi, gunakan gambar grafik seperti yang gambar lainnya juga bisa → Perhatikan penulisan, banyak yang typo serta penulisan kata asing yang belum miring 5. Koreksi Bab V : → Secara keseluruhan sudah bagus 6. Persiapkan untuk seminar jika sudah di ACC pak Niam	

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : **Kajian Teknis Bengunan Pelimpah (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora**

Nama : **Annisa Turrohmah (30201700022)**
Chandra Kartika Millenia (30201700050)

Dosen I : **Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**

Dosen II : **Ari Sentani, ST., M.Sc**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3	30 /Juli/ 2021	1. Laporan sudah oke, tinggal persiapan pendadaran 2. cek power point agar tidak over time 3. persiapkan jawaban yang memiliki sumber jawaban secara teknis 4. Acc untuk mendaftar pendadaran	
4	31 /Juli/ 2021	1. Acc Hasil Turnitin dengan nilai 15%	

Lampiran 9 Lembar Asistensi Dosen Pembanding

LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul : **Redesain Aspek Teknis Bengunan (*Spillway*) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora**
Nama : **Annisa Turrohmah (30201700022)**
Chandra Kartika Millenia (30201700050)
Dosen I : **Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D.**
Dosen II : **Ari Sentani, ST., M.Sc**
Dosen Pembanding : **Ir. Gata Dian Asfari, MT**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	21/07/2021	a. Koreksi bagian abstrak, alenia I latar belakang, alenia II metodologi, alenia III hasil bahasan. b. Perjelas latar belakang c. Revisi judul kata "Kajian" kurang tepat d. Metodologi bab III di benahi e. Perbaikan penulisan daftar pustaka	
2	24/07/2021	ACC	

Lampiran 10 Berita Acara Seminar Tugas Akhir

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK — Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

Hari	Rabu
Tanggal	21 Juli 2021
Jam	10.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Kajian Teknis Bangunan Pelimpah (Spilway) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

Technical Study of Spillway DAM Randugunting Blora Regency

1	Annisa Turrohmah	30201700022	1
2	Chandra Kartika Milenia	30201700050	2

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN	
1	Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D	1	
2	Ari Sentani,ST,MSc		2

Semarang, 21 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari	Rabu
Tanggal	21 Juli 2021
Jam	10.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Kajian Teknis Bangunan Pelimpah (Spilway) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora

1	Annisa Turrohmah	30201700022	1
2	Chandra Kartika Milenia	30201700050	2

NO	NAMA	TANDA TANGAN	
1	Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D	1	
2	Ari Sentani,ST,MSc		2
3	Ir. Gata Dian Asfari,MT	3	

Semarang, 21 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK — Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 09 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Rabu Tanggal 21 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1	Nama	Annisa Turrohmah	30201700022
2	Nama	Chandra Kartika Milenia	30201700050

Judul TA : Kajian Teknis Bangunan Pelimpah (Spilway) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora

0

0

Dengan Hasil : -Terdapat beberapa koreksi untuk diperbaiki
-Segera lakukan revisi kepada dosen penguji

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan pergunakan seperlunya.

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II	Dosen Pembanding
Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D	Ari Sentani,ST,MSc	Ir. Gata Dian Asfari,MT

Mengetahui ,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Annisa Turrohmah / 30201700022 ; Chandra Karlita / 30201700050
Hari / Tanggal : Rabu, 21 Juli 2021
Judul TA : Kajian Teknis Bangunan pelimpah (Spillway) Bendungan Randugunting Kabupaten Blora

NO	
1	Koreksi untuk bagian Abstrak, alenia I Latarbelakang, alenia II metode alenia III Hasil, Kata kunci "bangunan pelimpah" & "bendungan Randugunting" digabung. Perjelas Latarbelakang
2	Koreksi: Judul "Kajian" tidaksesuai dengan topik bahasan TA ubah judul dengan "Redesain"
3	Daftar pustaka kurang konsisten, penulisan format Daftar pus. Link tidak dapat diakses.
4	persingkat materi powerpoint
5	perbaiki penulisan yang kurang tepat.

DOSEN PENGUJI

Ir. Gata Dian Asfari, MT

YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Rabu
Tanggal : 21 Juli 2021
Tempat : ZOOM MEETING

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	Achmad Fauzi	30201700006	1
2	Agustyan Sandi W	30201700011	2
3	Anang Rizky A	30201700019	3
4	Anga Rosantika	30201700025	4
5	Arie Kurniawan	30201700028	5
6	Ashfa Taqiya	30201700031	6
7	Barli Cahya Hasta	30201700039	7
8	Bimo Setiadi	30201700040	8
9	Dita Dwi Amalia	30201700060	9
10	Harris Athiya P	30201700192	10
11	Eko Kaestiana S	30201800199	11
12	Aprilia Kurniasari		12
13	Isna Fitrianita		13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20

MENGETAHUI

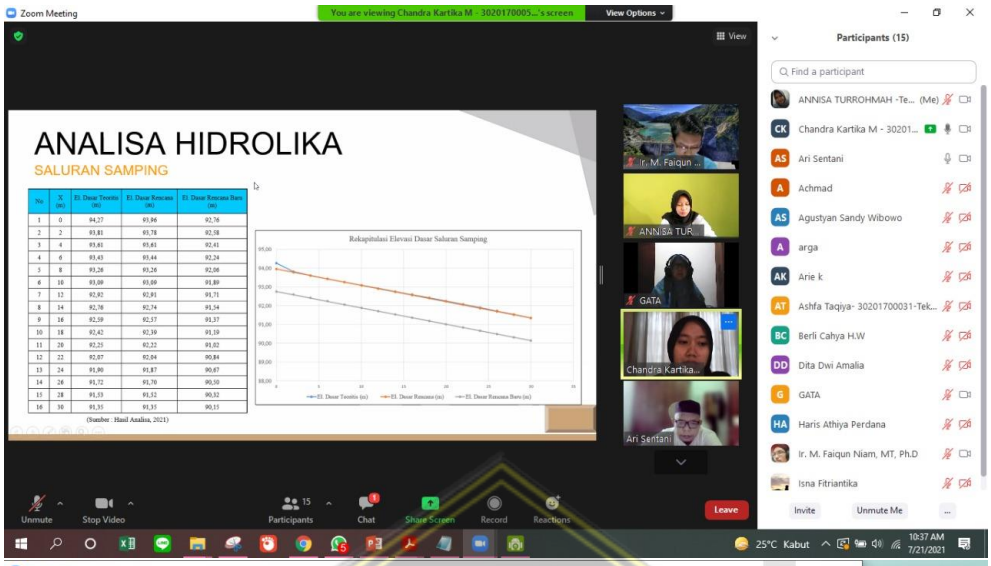
DOSEN PENGUJI

Ir. M. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D

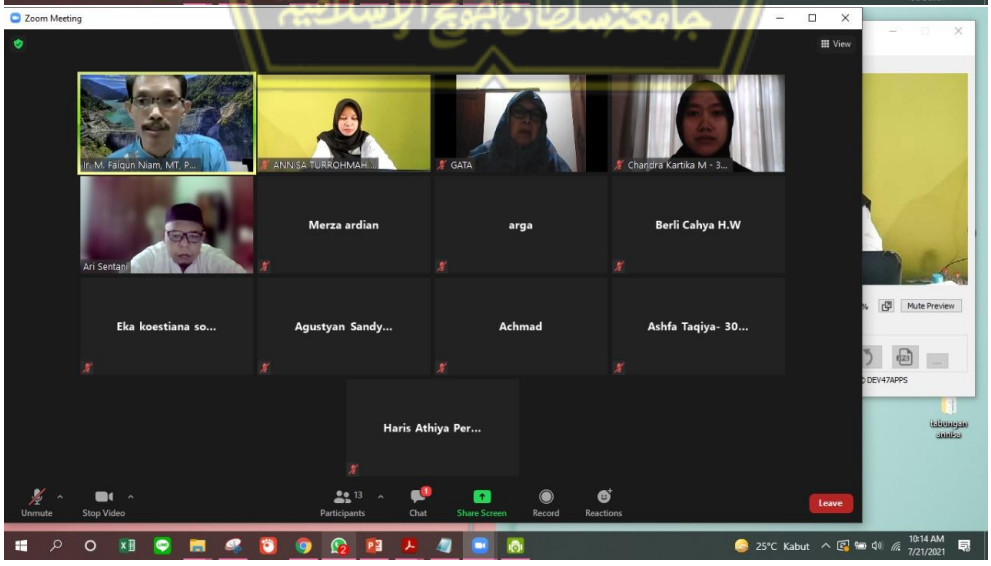
DOSEN PENGUJI

Ir. Gata Dion Astari, MT

BUKTI ABSEN


Zoom Meeting
You are viewing Chandra Kartika M - 3020170005...'s screen
View Options
View
ANALISA HIDROLIKA
SALURAN SAMPING
Rekapitulasi Elevasi Dasar Saluran Samping
(Sumber : Hasil Analisa, 2021)
Participants (15)
Find a participant
ANNISA TURROHMAH -Te... (Me)
Chandra Kartika M - 30201...
Ari Sentani
Achmad
Agustyan Sandy Wibowo
arga
Arie k
Ashfa Taqiya- 30201700031-Tek...
Berli Cahya H.W
Dita Dwi Amalia
GATA
Haris Athiya Perdana
Ir. M. Faiqun Niam, MT, Ph.D
Isna Fitriantika
Invite
Unmute Me
Ir. M. Faiqun ...
ANNISA TUR...
GATA
Chandra Kartika...
Ari Sentani
Unmute
Stop Video
Participants
Chat
Share Screen
Record
Reactions
Leave
25°C Kabut
10:37 AM
7/21/2021


Zoom Meeting
View
Ir. M. Faiqun Niam, MT, P...
ANNISA TURROHMAH ...
GATA
Chandra Kartika M - 3...
Ari Sentani
Merza ardian
arga
Berli Cahya H.W
Eka koestiana so...
Agustyan Sandy...
Achmad
Ashfa Taqiya- 30...
Haris Athiya Per...
Apriliana Kurniasari
Unmute
Stop Video
Participants
Chat
Share Screen
Record
Reactions
Leave
Mute Preview
25°C Kabut
10:15 AM
7/21/2021


Zoom Meeting
View
Ir. M. Faiqun Niam, MT, P...
ANNISA TURROHMAH ...
GATA
Chandra Kartika M - 3...
Ari Sentani
Merza ardian
arga
Berli Cahya H.W
Eka koestiana so...
Agustyan Sandy...
Achmad
Ashfa Taqiya- 30...
Haris Athiya Per...
Unmute
Stop Video
Participants
Chat
Share Screen
Record
Reactions
Leave
Mute Preview
25°C Kabut
10:14 AM
7/21/2021

KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (SPILLWAY) BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

by Annisa Turrohmah Chandra Kartika

Submission date: 30-Jul-2021 06:51PM (UTC+0800)
Submission ID: 1625789634
File name: TUGAS_AKHIR_Asis_3.pdf (8.86M)
Word count: 95593
Character count: 374171

KAJIAN TEKNIS BANGUNAN PELIMPAH (SPILLWAY) BENDUNGAN RANDUGUNTING KABUPATEN BLORA

ORIGINALITY REPORT

15%	14%	2%	6%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	3%
2	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
3	www.scribd.com Internet Source	1%
4	lib.unnes.ac.id Internet Source	1%
5	pt.scribd.com Internet Source	1%
6	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1%
7	id.123dok.com Internet Source	1%
8	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1%
9	repository.ump.ac.id Internet Source	<1%

10	vdocuments.site Internet Source	<1 %
11	jurnalteknik.janabadra.ac.id Internet Source	<1 %
12	es.scribd.com Internet Source	<1 %
13	repositori.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
14	riset.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
15	pengairan.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %
16	qdoc.tips Internet Source	<1 %
17	ejurnal.untag-smd.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1 %
19	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
20	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
21	repository.unissula.ac.id Internet Source	

		<1 %
22	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
23	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
24	123dok.com Internet Source	<1 %
25	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
26	core.ac.uk Internet Source	<1 %
27	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1 %
28	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
29	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
30	perhitunganbendung.blogspot.com Internet Source	<1 %
31	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
32	bpsdm.pu.go.id Internet Source	<1 %

33	C. G. Wohl, R. N. Cahn, A. Rittenberg, T. G. Trippe et al. "Review of particle properties", Reviews of Modern Physics, 1984 Publication	<1 %
34	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
35	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1 %
36	ojs.ummetro.ac.id Internet Source	<1 %
37	repository.usm.ac.id Internet Source	<1 %
38	edoc.pub Internet Source	<1 %
39	sda.pu.go.id Internet Source	<1 %
40	Submitted to Universitas Islam Malang Student Paper	<1 %
41	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1 %
42	pengairan.ub.ac.id Internet Source	<1 %
43	docplayer.info Internet Source	<1 %

44	idoc.pub Internet Source	<1 %
45	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
46	Submitted to Universitas Muhammadiyah Makassar Student Paper	<1 %
47	"Fuzzy Information and Engineering Volume 2", Springer Science and Business Media LLC, 2009 Publication	<1 %
48	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
49	Rio Valery Allen. "Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Dingin Dan Dampaknya Terhadap Aliran Permukaan", Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering), 2019 Publication	<1 %
50	123doc.org Internet Source	<1 %
51	ibuguruneni.blogspot.com Internet Source	<1 %
52	mafiadoc.com Internet Source	<1 %

53	docshare.tips Internet Source	<1 %
54	documents.mx Internet Source	<1 %
55	perpusft.unram.ac.id Internet Source	<1 %
56	repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
57	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
58	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
59	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	<1 %
60	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
61	Joko Suryanto, Joko Krisbiyantoro. "Trend Analysis of Rainfall Data in Magelang District Using Mann-Kendall Test and Modification Mann-Kendall Variation", AGRIFOR, 2018 Publication	<1 %
62	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
	eprints.ums.ac.id	

63	Internet Source	<1%
64	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1%
65	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1%
66	Submitted to Universitas International Batam Student Paper	<1%
67	id.scribd.com Internet Source	<1%
68	repository.unib.ac.id Internet Source	<1%
69	cot.unhas.ac.id Internet Source	<1%
70	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1%
71	Submitted to Universitas Pancasila Student Paper	<1%
72	hackipedia.org Internet Source	<1%
73	Submitted to UIN Sunan Ampel Surabaya Student Paper	<1%
74	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1%

75	Submitted to Universitas Semarang Student Paper	<1 %
76	adoc.pub Internet Source	<1 %
77	ar.scribd.com Internet Source	<1 %
78	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
79	Stefan Zigan. "Air Current Segregation of Alumina Powder", Particle & Particle Systems Characterization, 08/2007 Publication	<1 %
80	Submitted to Universitas Teuku Umar Student Paper	<1 %
81	adoc.tips Internet Source	<1 %
82	Agus Suharyanto. "Estimating Flood Inundation Depth Along the Arterial Road Based on the Rainfall Intensity", Civil and Environmental Engineering, 2021 Publication	<1 %
83	Satria Indratmoko, Djoko Harmantyo, Eko Kusratmoko. "Variabilitas curah hujan di Kabupaten Kebumen", Jurnal Geografi Lingkungan Tropik, 2017 Publication	<1 %

84	edoc.site Internet Source	<1 %
85	jurnal.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
86	repository.officiele-overheidspublicaties.nl:443 Internet Source	<1 %
87	Glisina Dwinoor Rembulan, Julliete Angel Luin, Vri Julianto, Giovandri Septorino. "Optimalisasi Panjang Jaringan Pipa Air Bersih di Dki Jakarta Menggunakan Minimum Spanning Tree", Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, 2020 Publication	<1 %
88	old.oalib.com Internet Source	<1 %
89	pidiejayakab.go.id Internet Source	<1 %
90	www.thequotes.net Internet Source	<1 %
91	puslit2.petra.ac.id Internet Source	<1 %
92	repository.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
93	tiptiktak.com Internet Source	

		<1 %
94	www.stimson.org Internet Source	<1 %
95	zbook.org Internet Source	<1 %
96	Agam Sanjaya. "Analisis Debit Puncak Sungai Lubuk Banyau Kabupaten Bengkulu Utara Menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetik", Inersia: Jurnal Teknik Sipil, 2020 Publication	<1 %
97	Submitted to Unika Soegijapranata Student Paper	<1 %
98	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
99	cis.upenn.edu Internet Source	<1 %
100	ejournal.warmadewa.ac.id Internet Source	<1 %
101	repository.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
102	zombiedoc.com Internet Source	<1 %
103	"Franziska Schoenebeck", Angewandte Chemie, 2016.	<1 %

	Publication	
104	Abdul Haris Setiawan, Ryo Takaoka, Agusti Tamrin, Roemintoyo, Eko Supri Murtiono, Lilis Trianingsih. "Contribution of collaborative skill toward construction drawing skill for developing vocational course", Open Engineering, 2021 Publication	<1 %
105	arxiv.org Internet Source	<1 %
106	www.dtic.mil Internet Source	<1 %
107	yonulis.com Internet Source	<1 %
108	Submitted to University of Malaya Student Paper	<1 %
109	gbi.agrsci.dk Internet Source	<1 %
110	jurnal.unidha.ac.id Internet Source	<1 %
111	www.grobogantopnews.com Internet Source	<1 %
112	Afit Muhammad Lukman, Oki Rahmanto. "Aplikasi Panduan Pola Hidup Sehat",	<1 %

	Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE), 2020 Publication	
113	Submitted to Polytechnic University Student Paper	<1 %
114	Submitted to University of Exeter Student Paper	<1 %
115	Yonghua Lin. "Uplink carrier frequency offset estimation for WiMAX OFDMA-based ranging", Wireless Communications and Mobile Computing, 2009 Publication	<1 %
116	doku.pub Internet Source	<1 %
117	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
118	lamlammasropahmediabki.wordpress.com Internet Source	<1 %
119	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
120	repository.unri.ac.id Internet Source	<1 %
121	si.fmipa.unri.ac.id Internet Source	<1 %
122	smart.stmikplk.ac.id Internet Source	

		<1 %
123	www.meteo.itb.ac.id Internet Source	<1 %
124	www.npao.ni.ac.rs Internet Source	<1 %
125	Murtaza Taj. "Objective Evaluation of Pedestrian and Vehicle Tracking on the CLEAR Surveillance Dataset", Lecture Notes in Computer Science, 2008 Publication	<1 %
126	blogdope.com Internet Source	<1 %
127	cesdoc.aec.ac.in Internet Source	<1 %
128	chasangpemimpi.blogspot.com Internet Source	<1 %
129	digital.slub-dresden.de Internet Source	<1 %
130	dokumen.tech Internet Source	<1 %
131	eprints.unram.ac.id Internet Source	<1 %
132	erlitinus.blogspot.com Internet Source	<1 %

133	farizbadruzaman.wordpress.com Internet Source	<1 %
134	library.binus.ac.id Internet Source	<1 %
135	moam.info Internet Source	<1 %
136	repo.polinpdg.ac.id Internet Source	<1 %
137	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
138	vaskoedo.wordpress.com Internet Source	<1 %
139	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source	<1 %
140	www.standardspeaker.com Internet Source	<1 %
141	Hardial Singh, B.B. Arora. "Effects of casing angle on the performance of parallel hub axial annular diffuser", International Journal of Turbo & Jet-Engines, 2020 Publication	<1 %
142	Ratna Dewi, Wietske Bijker, Alfred Stein, Muh Marfai. "Transferability and Upscaling of Fuzzy Classification for Shoreline Change over 30 Years", Remote Sensing, 2018	<1 %

Publication

143	Alfares, H.K.. "Inventory model with stock-level dependent demand rate and variable holding cost", International Journal of Production Economics, 200707 Publication	<1 %
144	Segel Hendrycus Ginting. "HUJAN RENCANABERDASARKAN ANALISIS FREKUENSI REGIONAL DENGAN METODE TL-MOMENT", JURNAL SUMBER DAYA AIR, 2019 Publication	<1 %
145	Zak, Stanislaw H.. "Systems and Control", Oxford University Press Publication	<1 %

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	Off		

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية