

TUGAS AKHIR

KAJIAN TEKNIS HIDROLIS & KONDISI EKSISTING KALI BABON SEMARANG

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan
Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang**



Oleh:

Djihan Erdya Aprikaliana
30.2017.00.062

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
JANUARI 2022**



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

KAJIAN TEKNIS HIDROLIS & KONDISI EKSISTING KALI BABON
SEMARANG

Oleh:



Diihan Erdya Aprikaliana
3.02.017.00062

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada tanggal 21 Januari 2022

Tim Penguji

1. Ir. Moh. Faiqun Niam, M.T., Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. Slamet Imam W., DEA
3. Ari Sentani, ST., M.Sc

Tanda Tangan

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

(Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng)



BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR
No: 18/A.2/SA-T/III/2021 tanggal 16 Januari 2021

Pada hari ini Jumat, 21 Januari 2022 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 : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Prof. Dr.Ir. Slamet Imam Wahyudi, DEA
Jabatan : Dosen Pembimbing II

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

Nama : Djihan Erdy Aprikaliana
NIM : 3.02.017.00062

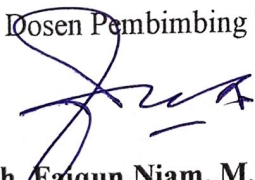
Judul : Judul Laporan Tugas Akhir “Kajian Teknis Hidrolis & Kondisi Eksisting Kali Babon Semarang”

Dengan tahapan sebagai berikut :

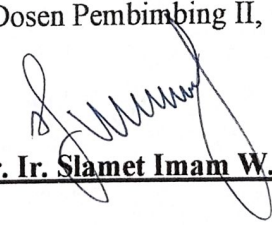
NO	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing		ACC
3	Konsultasi Pengambilan Tugas Akhir		
4	Penyusunan Laporan Tugas Akhir		
5	Seminar Tugas Akhir		

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

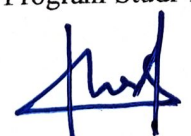
Dosen Pembimbing I,


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

Dosen Pembimbing II,


(Prof. Dr. Ir. Slamet Imam W., DEA)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


(Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng)

PERNYATAAN KEASLIAN DAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Djihan Erdya Aprikaliana
NIM : 30201700062

menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

“KAJIAN TEKNIS HIDROLIS & KONDISI EKSISTING KALI BABON SEMARANG”

merupakan hasil pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri dan benar bebas dari plagiarisme. Saya tidak mencantumkan pendapat-pendapat, rumus-rumus tanpa merujuk pada publikasi-publikasi yang telah ada sebelumnya atau yang telah ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran 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 untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat di: Semarang
Pada tanggal: Desember 2021

Mahasiswa

Djihan Erdya Aprikaliana
30201700062

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Djihan Erdya Aprikaliana
NIM : 30201700062
JUDUL SKRIPSI : KAJIAN TEKNIS HIDROLIS & KONDISI EKSISTING
KALI BABON SEMARANG

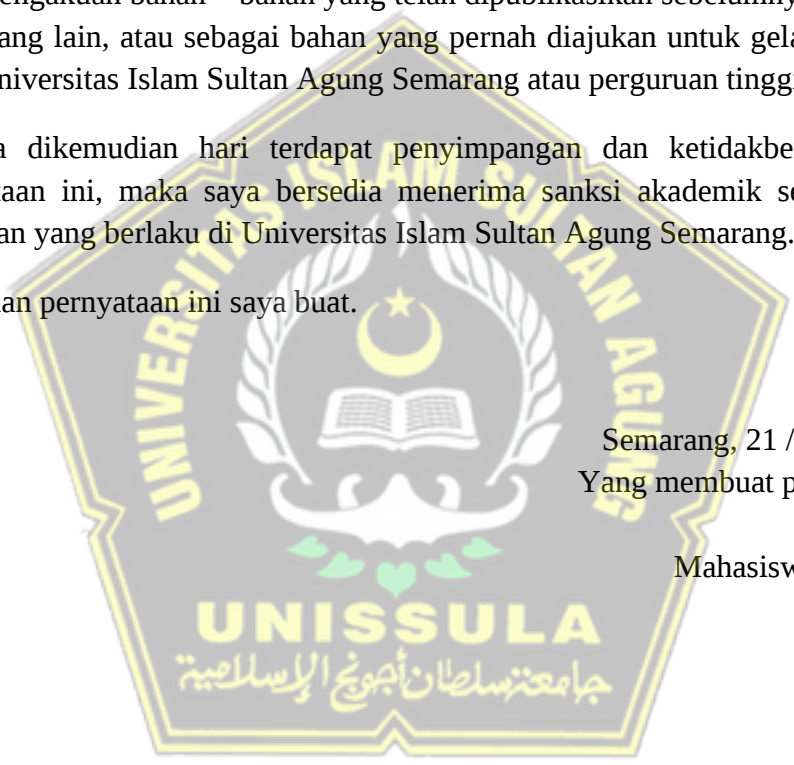
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah 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, 21 / 01 / 2022
Yang membuat pernyataan,

Mahasiswa



Djihan Erdya Aprikaliana
3020170006

MOTTO

...يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا
تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(Q.S Al Mufadalah ayat 11)

“Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.” (Hadist Riwayat Muslim)

“Waktu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu.” (Hadist Riwayat Muslim)

...إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۖ... ﴿١١﴾

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.” (Q.S Ar – Ra’d : 11)

PERSEMBAHAN

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

- Kedua orang tua kandung saya yaitu bapak Muhammad Hidayat AK dan ibu Erlin Sulistyowati, yang telah memberikan do'a serta dukungan berupa moril dan materil.
- Wali Dosen saya bapak Ari Sentani, ST., M.Sc yang telah memberikan semangat.
- Dosen Pembimbing I bapak Ir. Moh. Faiqun Niam, M.T., Ph.D, yang telah memberikan dorongan spiritual dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Dosen Pembimbing II bapak Prof. Dr. Ir. Slamet Imam Wahyudi, DEA, yang telah memberikan dorongan spiritual dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Dosen-dosen UNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmunya.
- Adik saya Dinda Monica Meilinia yang selalu memberikan dukungan do'a, motivasi dan kasih sayang.
- Sahabat – sahabat saya Aldo, Annisa, Nian, Dera, Citra, Anang, Brillyan, Della, Dita yang selalu memberikan dukungan, dorongan, hiburan, dan inspirasi.
- Rekan – rekan di Program Studi Teknik Sipil UNISSULA angkatan tahun 2017 yang telah memberikan bantuannya.

Djihan Erdya Aprikaliana

NIM : 3.02.017.00062

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “ **KAJIAN TEKNIS HIDROLIS & KONDISI EKSISTING KALI BABON SEMARANG** ” 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 Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. Moh. Faiqun Niam, M.T., Ph.D dan Bapak Prof. Dr. Ir. Slamet Imam Wahyudi, DEA, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

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

Semarang, 21 Januari 2022

Djihan Erdya Aprikaliana

NIM : 3.02.017.00062

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Laporan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Analisa Hidrologi	6
2.2.1 Analisa Hujan Rata-Rata Daerah	7
2.2.1.1 Metode Poligon Thiessen	7
2.2.2 Analisa Hujan Rencana	8
2.2.2.1 Distribusi Normal	11
2.2.2.2 Distribusi Log Normal	12
2.2.2.3 Distribusi Gumbel	13
2.2.2.4 Distribusi Log Person Tipe III	17
2.2.3 Uji Kecocokan	20
2.2.3.1 Uji Chi-Kuadrat	20
2.2.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov	23

2.2.4 Analisa Debit Banjir Rencana	25
2.2.4.1 Metode Rasional.....	25
2.2.4.2 Metode Melchior dan Haspers	30
2.3 Analisa Hidrolika	32
2.3.1 Analisa Kapasitas Sungai	33
2.3.2 Bentuk Saluran Paling Ekonomis.....	33
2.3.3 Analisa Permodelan HEC-RAS	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan	35
3.2 Bagan Alur Pelaksanaan	35
3.3 Tahapan Persiapan	36
3.4 Metode Pengumpulan Data	37
3.4.1 Metode Observasi.....	37
3.4.2 <i>Study</i> Literatur	37
3.4.3 Metode Dokumentasi	37
3.4.4 Metode Kepustakaan	38
3.5 Jenis Data	38
3.5.1 Data Primer	38
3.5.2 Data Sekunder	38
3.6 Analisis Data	39
3.6.1 Analisa Hidrologi	39
3.6.2 Analisa Hidrolika	39

BAB IV ANALISA HIDROLOGI

4.1 Tinjauan Umum	40
4.2 Distribusi Hujan Wilayah.....	40
4.3 Analisa Curah Hujan Rencana	44
4.3.1 Distribusi Probabilitas Normal.....	44
4.3.2 Distribusi Probabilitas Log Normal	46
4.3.3 Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III.....	48
4.3.4 Distribusi Probabilitas Gumbel	50
4.4 Uji Distribusi Probabilitas.....	53
4.4.1 Uji Chi – Kuadrat (X^2)	53
4.4.2 Metode <i>Smirnov – Kolmogorov</i>	61
4.5 Analisa Debit Banjir Rencana.....	71
4.5.1 Metode Haspers.....	71
4.5.2 Metode Melchior	73
4.5.3 Metode Rasional.....	77
4.5.4 Debit Banjir yang Dipakai.....	79

BAB V ANALISA HIDROLIKA

5.1	Tinjauan Umum	80
5.2	Analisa Hidrolika Dengan Menggunakan <i>HEC-RAS</i>	80
5.2.1	Profil Muka Air Pada Aliran <i>Steady</i>	80
5.2.2	Konsep Perhitungan Profil Muka Air Dalam <i>HEC-RAS</i> .	81
5.3	Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Sistem Sungai Babon	83

BAB VI PENUTUP

6.1	Kesimpulan	98
6.2	Saran.....	98

DAFTAR PUSTAKA	xxi
-----------------------------	-----

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 2.1	Syarat Nilai Parameter statistik untuk berbagai distribusi Probabilitas	11
Tabel 2.2	Variabel Reduksi (Y_t) Gauss	12
Tabel 2.3	Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Y_n) dengan jumlah data (n) ...	14
Tabel 2.4	Hubungan antara Deviasi Standart dan Reduksi Variat (S_n) dengan Jumlah Data (n)	15
Tabel 2.5	Nilai k Distribusi Pearson Tipe III	18
Tabel 2.6	Nilai Chi Kuadrat Teoritis	21
Tabel 2.7	Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov	25
Tabel 2.8	Koefisien <i>Runoff</i> dan Rasio Kedap Air	26
Tabel 2.9	Koefisien C_r	28
Tabel 2.10	Besarnya koefisien kekasaran (n)	28
Tabel 2.11	Nilai koefisien limpasan	29
Tabel 2.12	Nilai koefisien limpasan	29
Tabel 4.1	Luas Pengaruh Stasiun Hujan Das Babon	42
Tabel 4.2	Curah Hujan Maksimum Harian Rata – Rata DAS dengan Metode <i>Polygon Thiessen</i>	42
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata.....	45
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Curah Hujan Metode Distribusi Normal	46
Tabel 4.5	Parameter Statistik Metode Distribusi Log Normal.....	47
Tabel 4.6	Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Log Normal	48
Tabel 4.7	Parameter Statistik Metode Distribusi Log Pearson Tipe III.....	49
Tabel 4.8	Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Log Pearson Tipe III	50

Tabel 4.9 Parameter Statistik Metode Distribusi Gumbel	52
Tabel 4.10 Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Gumbel	53
Tabel 4.11 Data Curah Hujan yang Diurutkan dari Besar ke Kecil	55
Tabel 4.12 Perhitungan Nilai X^2 untuk Distribusi Normal	59
Tabel 4.13 Perhitungan Nilai X^2 untuk Distribusi Gumbel	59
Tabel 4.14 Perhitungan Nilai X^2 untuk Distribusi Log Normal	60
Tabel 4.15 Perhitungan Nilai X^2 untuk Distribusi Log Pearson Tipe III	60
Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai X^2 dan X^2_{cr}	60
Tabel 4.17 Hujan Rencana dengan Distribusi Normal	61
Tabel 4.18 Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal	62
Tabel 4.19 Perhitungan Distribusi Normal Metode Smirnov-Kolmogorov	64
Tabel 4.20 Perhitungan Distribusi Gumbel Metode Smirnov-Kolmogorov	66
Tabel 4.21 Perhitungan Distribusi Log Normal Metode Smirnov-Kolmogorov ..	68
Tabel 4.22 Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III Metode Smirnov – Kolmogorov	70
Tabel 4.23 Rekapitulasi nilai ΔP Hitung dan ΔP kritis	70
Tabel 4.24 Hujan rencana dengan distribusi Log Normal	71
Tabel 4.25 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Haspers	73
Tabel 4.26 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Melchior	77
Tabel 4.27 Koefisien Aliran Permukaan Terbobot	78
Tabel 4.28 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Rasional	79
Tabel 4.29 Debit Banjir yang Dipakai	79
Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Simulasi Hidrolika Sungai Babon Kondisi Eksisting	91

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Lokasi DAS Kali Babon	2
Gambar 2.1 Bentuk Saluran	34
Gambar 3.1 Bagan Alur Pelaksanaan	35
Gambar 4.1 Poligon Thiessen Das Kali Babon.....	41
Gambar 5.1 Contoh Penampang Saluran Dalam <i>HEC-RAS</i>	81
Gambar 5.2 Penggambaran Persamaan Energi pada Saluran Terbuka	82
Gambar 5.3 Peta Situasi Sungai Babon BBN 0 s/d BBN 6	83
Gambar 5.4 Hasil <i>Output HEC-RAS</i> Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 20 tahun Pada Cross Section BBN 1.....	84
Gambar 5.5 Peta Situasi Sungai Babon BBN 18 s/d BBN 23	84
Gambar 5.6 Hasil <i>Output HEC-RAS</i> Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 20 tahun Pada Cross Section BBN 18.....	85
Gambar 5.7 Peta Situasi Sungai Babon BBN 39 s/d BBN 43	85
Gambar 5.8 Hasil <i>Output HEC-RAS</i> Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 20 tahun Pada Cross Section BBN 41.....	86
Gambar 5.9 Peta Situasi Sungai Babon BBN 133 s/d BBN 140+50	86
Gambar 5.10 Hasil <i>Output HEC-RAS</i> Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 20 tahun Pada Cross Section BBN 136.....	87
Gambar 5.11 Peta Situasi Sungai Babon BBN 149 s/d BBN 157	87
Gambar 5.12 Hasil <i>Output HEC-RAS</i> Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 20 tahun Pada Cross Section BBN 155.....	88
Gambar 5.13 Peta Situasi Sungai Babon BBN 161+42 s/d PG.0	88

Gambar 5.14 Hasil <i>Output HEC-RAS</i> Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 20 tahun Pada Cross Section BBN 161+73	89
Gambar 5.15 Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 20 Tahun	90
Gambar 5.16 Kapasitas Tampungan Eksisting Sungai Babon.....	91



DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN

$\bar{R}$	= tinggi hujan rata-rata
A	= luas daerah aliran
A_1	= luas daerah pengaruh stasiun 1
R_2	= tinggi hujan pada stasiun
$\bar{X}$	= nilai rata-rata hitung
X_i	= data dalam sampel
n	= jumlah tahunan pengamatan
Sd	= standar deviasi
Cs	= koefisien kemencengan
Cv	= koefisien variasi
Ck	= koefisien ketajaman
X_T	= nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)
K	= konstanta
X	= nilai variat yang diharapkan terjadi
Y	= nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu
Y_n	= nilai rata-rata dari reduksi variat (<i>mean of reduced variate</i>) nilainya tergantung dari jumlah data
S_n	= deviasi standar dari reduksi variat (<i>standard deviation of reduced variate</i>) nilainya tergantung dari jumlah data
Xh^2	= parameter chi-kuadrat terhitung
G	= jumlah sub kelompok
O_i	= jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i
E_i	= jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i
PX	= Peluang
m	= nomor urut kejadian
n	= jumlah data
$f(t)$	= distribusi normal standar

Q	= debit puncak limpasan permukaan (m^3/det)
C	= koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)
I	= intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba banjir (mm/jam)
A	= Luas daerah pengaliran (km^2)
I	= Intensitas hujan (mm/jam)
tc	= waktu konsentrasi (jam)
R_{24}	= curah hujan maksimum harian (dalam 24 jam)
to	= waktu yang dibutuhkan untuk mengalir dipermukaan untuk mencapai inlet (menit)
tf	= waktu yang diperlukan untuk mengalir di sepanjang saluran (detik)
Lo	= jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau (m)
Io	= kemiringan rata-rata permukaan tanah atau medan lapangan
n_d	= koefisien hambatan
L	= panjang saluran yang ditinjau (m)
f	= kecepatan rata-rata aliran dalam saluran (m/det)
Q	= kapasitas saluran (m^3/det)
V	= Kecepatan aliran rata-rata (m/det)
A	= luas basah penampang saluran (m^2)
I	= kemiringan dasar saluran
R	= radius hidrolika (m)
n	= angka kekasaran Manning
$Log X_t$	= nilai logaritma hujan rencana periode ulang T tahun
$\overline{Log X}$	= nilai rata-rata Log X (mm)
$S \log X$	= standar deviasi dari Log X (mm)
K_T	= nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T)
X^2	= parameter chi kuadrat terhitung
E_f	= frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
O_f	= frekuensi yang diamati pada kelas yang sama
n	= jumlah sub kelompok
Dk	= derajat kebebasan

P	= banyaknya parameter, untuk Chi kuadrat adalah 2
K	= jumlah kelas distribusi
χ^2_{cr}	= parameter Chi kuadrat kritis
K	= nilai pengantar aliran pada unit
Z	= fungsi titik diatas garis referensi
Y	= fungsi tekanan di suatu titik
V	= kecepatan aliran
α	= koefisien kecepatan
he	= energi <i>head loss</i>
L	= jarak antara dua penampang
Sf	= kemiringan aliran
C	= koefisien kehilangan energi (penyempitan, pelebaran atau belokan)



KAJIAN TEKNIS HIDROLIS & KONDISI EKSISTING KALI BABON SEMARANG

Oleh :

Djihan Erdy Aprikaliana¹⁾

Ir. Moh Faiqun Niam, M.T, Ph.D ²⁾, Prof. Dr. Ir. Slamet Imam Wahyudi, DEA²⁾

ABSTRAK

Sungai Babon merupakan sungai yang melintasi Kota Semarang yang terletak di tengah-tengah pemukiman penduduk dan sangat berpotensi untuk meluap membanjiri pemukiman pada musim hujan. Sungai Babon memiliki luas DAS yaitu 119,417 km². Kondisi Sungai Babon dari Bendung Pucanggading sampai dengan Muara Laut Jawa mengalami penyempitan alur sungai dan ditemukan banyak warga yang menggunakan badan sungai sebagai tempat untuk membuat batu bata, di beberapa bagian sungai mengalami longsor tebing, sedimentasi dasar sungai berupa lumpur sudah mulai terlihat. Disamping itu juga ditemui permasalahan sampah warga dipinggir sungai yang menyebabkan penyempitan pada alur sungai.

Dalam kajian ini dilakukan identifikasi debit banjir rencana yang diterima oleh Sungai Babon dengan mempertimbangkan beberapa parameter yaitu data topografi, data hidrologi, dan data pengukuran kondisi eksisting. Kemudian analisa hidrolika dilakukan dengan menggunakan *software HEC-RAS*.

Dari hasil data analisa hidrologi didapatkan debit banjir rencana sebesar 226,3 m³/detik dan hasil analisa hidrolika dengan *software HEC-RAS* dengan simulasi input Q₅₀ tahun bahwa pada cross section BBN 18, BBN 41, BBN 136, BBN 155 dan beberapa cross section lainnya sebagian besar mengalami kondisi banjir (luapan). Oleh karena itu diperlukan adanya normalisasi sungai agar daya tampung sungai mampu menampung debit dengan aliran sungai Q₅₀.

Kalimat Kunci : Kajian teknis hidrolis sungai, HEC-RAS

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

²⁾ Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

HYDRAULIC TECHNICAL STUDY & EXISTING CONDITION OF BABON RIVER AT SEMARANG

By :

Djihan Erdya Aprikaliana¹⁾

Ir. Moh Faiqun Niam, MT, Ph.D ²⁾, Prof. Dr. Ir. Slamet Imam Wahyudi, DEA²⁾

ABSTRACT

Babon River is a river that crosses the city of Semarang which is located in the middle of residential areas and has the potential to overflow and flood the settlements during the rainy season. Babon River has a watershed area of 119,417 km². The condition of the Babon River from the Pucanggading Weir to the Java Sea Estuary has narrowed the river flow and it was found that many residents used the river as a place to make bricks, in some parts of the river it experienced cliff landslides, sedimentation of the riverbed in the form of mud has begun to be seen. Besides that, there was also the problem of residents' garbage on the banks of the river which caused narrowing of the river channel.

In this study, identification of the planned flood discharge received by the Babon River was carried out by considering several parameters, namely topographic data, hydrological data, and measurement data of existing conditions. Then the hydraulics analysis is carried out using the HEC-RAS software.

From the results of hydrological analysis data obtained a plan flood discharge of 226.3 m³/second and the results of hydraulic analysis with HEC-RAS software with Q₅₀ input simulations that in the cross section BBN 18, BBN 41, BBN 136, and several other cross sections mostly experienced flood conditions (overflow). Therefore, it is necessary to normalize the river so that the capacity of the river is able to accommodate discharge with the flow of the Q₅₀ river.

Key Sentences: River hydraulic technical study, HEC-RAS

¹⁾ Civil Engineering Student of Sultan Agung Islamic University Semarang

²⁾ Lecturer in Civil Engineering of Sultan Agung Islamic University Semarang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu daerah daratan yang dipisah oleh batas topografi dimana berperan dalam menampung dan mengalirkan segala air hujan yang jatuh di atasnya mengarah ke sistem sungai terdekat dan akhirnya bermuara ke waduk, danau, ataupun ke laut (Seyhan, 1990). DAS adalah suatu sistem hidrologi yang di dalamnya ada parameter – parameter biotik (vegetasi dan manusia) serta abiotik (karakteristik fisik) yang berkaitan satu sama lain.

Terjadinya perubahan penggunaan lahan pada DAS menyebabkan peningkatan aliran permukaan (*Run Off*) yang signifikan. Menurut Undang-Undang No. 11 tahun 1974 tentang Pengairan satu diantara cara yang bisa dilaksanakan yaitu memelihara dan/atau mengatasi penyebab kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh air (Munfarid et al., n.d.). Banjir merupakan salah satu daya rusak air, sehingga diperlukan tindakan pencegahan banjir untuk mengurangi dampak kerugian terhadap masyarakat.

Semarang merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang sering dilanda banjir setiap tahunnya. Sebagian besar masalah banjir yang terjadi di Semarang disebabkan oleh menurunnya fungsi sungai yang ada. Kali Babon menjadi salah satu sungai yang mengalami permasalahan banjir tersebut. Kali Babon adalah sungai atau kali yang melintasi tiga wilayah yaitu Kabupaten Semarang, Kota Semarang dan Kabupaten Demak yang termasuk dalam bagian sistem sungai Dolok Penggaron Bendung Pucang Gading. Kali Babon memiliki panjang sekitar 17,18 km dimulai dari hulu Bendung Pucang Gading ke muara.

Daerah hilir Sungai Babon merupakan daerah rawan banjir yang diakibatkan oleh pasang surut air laut dan luapan sungai. Hal ini disebabkan

penampang sungai yang tidak memadai dan endapan yang tinggi, sehingga sungai tidak dapat menampung air dan meluap membanjiri pemukiman pada musim hujan. Berdasarkan permasalahan yang terjadi, diperlukan adanya kajian teknis hidrolis terhadap debit banjir eksisting yang pernah terjadi di wilayah DAS Kali Babon serta analisa kapasitas penampang sungai Babon dengan menggunakan aplikasi *HEC-RAS*.



Gambar 1.1 Lokasi DAS Kali Babon
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

1. Apakah Kali Babon dapat menampung debit banjir rencana?
2. Berapa kapasitas air yang dapat diterima oleh Kali Babon?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah diatas tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir tersebut adalah :

1. Mengidentifikasi debit rencana yang dapat diterima oleh Kali Babon.
2. Mengevaluasi kapasitas penampang Kali Babon dengan menggunakan aplikasi *HEC-RAS*.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengenali kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting Kali Babon.
2. Menjadi bahan literatur untuk mahasiswa yang ingin mempelajari tentang Kajian Teknis Hidrolis dan Kondisi Eksisting Kali Babon agar dapat membuat tugas akhir yang cermat dan lebih baik.
3. Bisa dipergunakan sebagai peningkatan pengetahuan berkelanjutan yang bermanfaat dalam memajukan kualitas pendidikan di Fakultas Teknik Sipil Unissula.
4. Memahami persamaan konsep-konsep dasar dalam aplikasi *HEC-RAS*.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Rencana anggaran biaya tidak diperhitungkan dan dampak kerusakan yang diakibatkan oleh banjir tidak dikaji di dalam laporan Tugas Akhir ini.
2. Dalam laporan tugas akhir ini dititikberatkan pada kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting Kali Babon yang dibantu dengan program *HEC-RAS*.
3. Proses pelaksanaan bangunan serta informasi yang berkaitan dengan aspek sosial tidak diuraikan.
4. Dalam laporan Tugas Akhir ini dibutuhkan data hidrologi, data peta, dan data hidrolika untuk melakukan kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting dari penampang sungai sebelumnya.

1.6 Sistematika Laporan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, dimana pokok pembahasan setiap bab disusun dengan sistematika penyusunan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Latar belakang memuat tentang situasi nyata dan penjelasan pokok-pokok pikiran yang menjadi pertimbangan utama dalam penentuan judul tersebut.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat penjelasan tentang kajian atau teori dengan mengambil informasi dari beragam sumber pustaka yang berhubungan dengan kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting Kali Babon.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini memuat penjelasan mengenai metode penyelesaian laporan Tugas Akhir secara runtut yang menguraikan tentang kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting Kali Babon.

BAB IV : ANALISIS HIDROLOGI

Bab ini memuat tentang perhitungan besarnya debit banjir rencana.

BAB V : ANALISIS HIDROLIKA

Bab ini berisi tentang kapasitas penampang sungai dalam menampung debit banjir rencana.

BAB VI : KESIMPULAN DAN PENUTUP

Bab ini merupakan bagian penutup dari laporan Tugas Akhir yang memuat tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dari kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting Kali Babon.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Kajian teknis hidrolis Kali Babon mengaitkan banyak disiplin ilmu teknik sipil antara lain hidrologi dan hidrolika. Diperlukan beberapa disiplin ilmu teknik sipil untuk menjadikan kajian teknis hidrolis Kali Babon ini dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya.

Langkah-langkah dalam kajian teknis hidrolis Kali Babon melibatkan banyak hal seperti studi pustaka yang berkaitan dengan analisa hidrologi dan hidrolika yang terkait. Untuk mengkaji teknis hidrolis Kali Babon digunakan metode perhitungan dengan aplikasi *HEC-RAS* dan perhitungan manual yang diambil dari buku referensi yaitu buku Hidrologi Teknik, buku Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data), buku Hidrologi Untuk Terapan, SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana dan lain sebagainya. Keadaan Kali Babon sekarang terdapat banyak tanggul kritis di beberapa tempat dan kapasitas air yang menurun dikarenakan sedimen. Sehingga menyebabkan menurunnya fungsi sungai dari Kali Babon tersebut.

Penyusunan kajian pustaka bertujuan untuk mendapat dasar teori yang sesuai dengan buku-buku referensi dari segala macam bidang yang terkait guna diperoleh hasil yang optimal. Dalam Bab II ini akan diuraikan berbagai macam dasar teori yang berkaitan dengan kajian teknis hidrolis dan kondisi eksisting Kali Babon Semarang.

2.2 Analisa Hidrologi

Data hidrologi merupakan gabungan informasi atau fakta tentang kejadian hidrologi, seperti banyaknya : curah hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi endapan sungai dan lain – lain yang akan selalu

berubah terhadap waktu (Pitanggi et al., 2017). Karakteristik hidrologi wilayah DAS Kali Babon dapat dipahami dengan melakukan analisa hidrologi. Kesimpulan yang didapatkan dari analisa hidrologi tersebut yaitu banyaknya debit rencana. Dalam kajian teknis hidrolis, Kali Babon menggunakan periode ulang 20 tahun. Perhitungan penyebaran hujan wilayah, perhitungan tolok ukur statistik hidrologi dan analisis debit menggunakan *HEC-RAS* yang dimana semua perhitungan ini termasuk dalam analisa hidrologi.

2.2.1 Analisa Hujan Rata-Rata Daerah

Pemantauan curah hujan dijalankan oleh stasiun-stasiun penakar yang berada di dalam atau sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) guna memperoleh curah hujan maksimum harian (R_{24}). Dalam perhitungan curah hujan maksimum harian (R_{24}) dengan jumlah stasiun tersebut dapat ditentukan dengan Metode Poligon Thiessen.

2.2.1.1 Metode Poligon Thiessen

Metode Poligon Thiessen ditetapkan dengan cara membentuk poligon antar pos hujan di suatu wilayah DAS, lalu tinggi hujan rata-rata dihitung dari jumlah perkalian antara tiap-tiap luas poligon serta tinggi hujannya dibagi dengan luas seluruh DAS (Sosrodarsono & Takeda, 1976). Perhitungan hujan rata-rata wilayah dengan Metode Poligon Thiessen digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_3 \cdot R_3 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots \dots \dots \text{pers. 2.1}$$

Dimana :

$\bar{R}$ = tinggi hujan rata-rata

A = luas daerah aliran

A_1 = luas daerah pengaruh stasiun 1

R_2 = tinggi hujan pada stasiun

(Sumber : Sosrodarsono & Takeda, 1976)

2.2.2 Analisa Hujan Rencana

Menurut Jurnal (Pitanggi et al., 2017) analisa curah hujan rencana digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan maksimum dalam periode ulang tertentu yang akan dipakai pada perhitungan debit banjir rencana. Persamaan untuk perhitungan parameter dasar statistik yang diaplikasikan yaitu :

- a. Nilai rata-rata (*mean*)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \dots\dots\dots \text{pers. 2.2}$$

Dimana :

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung

X_i = data dalam sampel

n = jumlah tahunan pengamatan

(Sumber: Soewarno, 1995)

- b. Standar deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{pers. 2.3}$$

Dimana :

Sd = standar deviasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung

X_i = data dalam sampel

n = jumlah tahunan pengamatan

(Sumber: Soewarno, 1995)

c. Koefisien kemencengan (*Swekness*)

Koefisien kemencengan (*swekness*) merupakan suatu nilai yang menyatakan derajat ketidaksimetrisasi dari suatu bentuk distribusi.

$$Cs = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \dots\dots\dots \text{pers. 2.4}$$

Dimana :

Cs = koefisien kemencengan

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung

X_i = data dalam sampel

n = jumlah tahunan pengamatan

Sd = standar deviasi

(Sumber: Soewarno, 1995)

d. Koefisien variasi

Koefisien variasi merupakan nilai pembandingan antara standar deviasi dan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \dots\dots\dots \text{pers. 2.5}$$

Dimana :

Cv = koefisien variasi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung

X_i = data dalam sampel

n = jumlah tahunan pengamatan

Sd = standar deviasi

(Sumber: Soewarno, 1995)

e. Koefisien ketajaman/kurtosis

Koefisien ketajaman difungsikan dalam menentukan keruncingan kurva distribusi.

$$Ck = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \dots \dots \dots \text{pers. 2.6}$$

Dimana :

Ck = koefisien ketajaman

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung

X_i = data dalam sampel

n = jumlah tahunan pengamatan

Sd = standar deviasi

(Sumber: Soewarno, 1995)

Metode yang digunakan dalam analisa frekuensi untuk perhitungan hujan rencana yaitu metode kemungkinan (*Probability Distribution*). Beberapa jenis distribusi/sebaran yang digunakan antara lain :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Log Normal
3. Distribusi Log Pearson Tipe III
4. Distribusi Gumbel

(Sumber: Pitanggi et al., 2017)

Tabel 2.1 Syarat Nilai Parameter statistik untuk berbagai distribusi Probabilitas

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$Cs = 0$
		$Ck = 3$
2	Log Normal	$Cs = 0$
		$Ck = 0$
3	Gumbel	$Cs \geq 1,14$
		$Ck \leq 5,4$
5	Log Pearson Type III	$Cs > 0$
		$Ck \approx 1,5 Cs^3 + 3$

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.2.1 Distribusi Normal

Persamaan distribusi normal bisa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$X_T = \bar{X} + K.Sd \dots\dots\dots \text{pers. 2.7}$$

Dimana :

X_T = nilai hujan rencana yang terjadi dengan periode ulang T-tahunan (mm)

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung (mm)

K = konstanta

Sd = standar deviasi

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.2.2 Distribusi Log Normal

Persamaan distribusi normal bisa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X) \dots \dots \dots \text{pers. 2.8}$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = nilai logaritma hujan rencana periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$ = nilai rata-rata Log X (mm)

S Log X = standar deviasi dari Log X (mm)

K_T = nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu:

T = 2 maka $K_T = 0$ (dilihat dari Tabel 2.2 Variabel Reduksi (Yt) Gauss)

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.2 Variabel Reduksi (Yt) 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
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

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1,000.000	0.001	3.09

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.2.3 Distribusi Gumbel

Menurut Jurnal (Fauzi et al., 2012) waktu balik adalah harga rata-rata besarnya tahun di mana suatu variabel diungguli oleh suatu harga sebanyak satu kali bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + \frac{S}{s_n}(Y - Y_n) \dots\dots\dots \text{pers. 2.9}$$

Dimana :

X = nilai variat yang diharapkan terjadi

$\bar{X}$ = nilai rata-rata hitung (mm)

Y = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu, atau dapat dihitung dengan rumus :

$$Y = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right] \dots\dots\dots \text{pers. 2.10}$$

Untuk $T \geq 20$, maka $Y = \ln.T$

Y_n = nilai rata-rata dari reduksi variat (*mean of reduced variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

S_n = deviasi standar dari reduksi variat (*standard deviation of reduced variate*) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dapat dilihat pada Tabel 2.4.

(Sumber: (Soewarno, 1995)

Tabel 2.3 Hubungan Reduksi Variat Rata-Rata (Y_n) dengan jumlah data (n)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
10	0,4952	41	0,5422	72	0,5552
11	0,4996	42	0,5448	73	0,5555
12	0,5053	43	0,5453	74	0,5557
13	0,5070	44	0,5258	75	0,5559
14	0,5100	45	0,5463	76	0,5561
15	0,5128	46	0,5468	77	0,5563
16	0,5157	47	0,5473	78	0,5565
17	0,5181	48	0,5447	79	0,5567
18	0,5202	49	0,5481	80	0,5569
19	0,5220	50	0,5485	81	0,5570
20	0,5235	51	0,5489	82	0,5572
21	0,5252	52	0,5493	83	0,5574
22	0,5268	53	0,5497	84	0,5576
23	0,5283	54	0,5501	85	0,5578
24	0,5296	55	0,5504	86	0,5580
25	0,5309	56	0,5508	87	0,5581
26	0,5320	57	0,5511	88	0,5583
27	0,5332	58	0,5515	89	0,5585

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
28	0,5343	59	0,5518	90	0,5586
29	0,5353	60	0,5521	91	0,5587
30	0,5362	61	0,5524	92	0,5589
31	0,5371	62	0,5527	93	0,5591
32	0,5380	63	0,5530	94	0,5592
33	0,5388	64	0,5533	95	0,5593
34	0,5396	65	0,5535	96	0,5595
35	0,5403	66	0,5538	97	0,5596
36	0,5410	67	0,5540	98	0,5598
37	0,5418	68	0,5543	99	0,5599
38	0,5424	69	0,5545	100	0,56

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.4 Hubungan antara Deviasi Standar dan Reduksi Variat (σ_n) dengan Jumlah Data (n)

n	σ_n	n	σ_n	n	σ_n
10	0,9497	41	1,1436	72	1,1873
11	0,9676	42	1,1458	73	1,1881
12	0,9833	43	1,1480	74	1,1890
13	0,9972	44	1,1490	75	1,1898
14	1,0098	45	1,1518	76	1,1906

n	σ_n	n	σ_n	n	σ_n
15	1,206	46	1,1538	77	1,1915
16	1,0316	47	1,1557	78	1,1923
17	1,0411	48	1,1574	79	1,1930
18	1,0493	49	1,1590	80	1,1938
19	1,0566	50	1,1607	81	1,1945
20	1,0629	51	1,1623	82	1,1953
21	1,0696	52	1,1638	83	1,1959
22	1,054	53	1,1653	84	1,1967
23	1,0811	54	1,1667	85	1,1973
24	1,0864	55	1,681	86	1,1980
25	1,0914	56	1,696	87	1,1987
26	1,0961	57	1,1708	88	1,994
27	1,1004	58	1,1721	89	1,2001
28	1,1047	59	1,1734	90	1,2007
29	1,1086	60	1,1747	91	1,2013
30	1,1124	61	1,1759	92	1,2020
31	1,1159	62	1,1770	93	1,2026
32	1,1193	63	1,1782	94	1,2032
33	1,1226	64	1,1793	95	1,2038
34	1,1255	65	1,1803	96	1,2044
35	1,1285	66	1,1814	97	1,2049

n	σ_n	n	σ_n	n	σ_n
36	1,1313	67	1,1824	98	1,2055
37	1,1339	68	1,1834	99	1,2060
38	1,1363	69	1,1844	100	1,2065

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.2.4 Distribusi Log Person Tipe III

Langkah-langkah untuk mendapatkan kurva distribusi Log Person Tipe III yaitu sebagai berikut :

- 1) Tentukan logaritma dari semua nilai variat X
- 2) Hitung nilai rata-ratanya :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \dots \dots \dots \text{pers. 2.11}$$

Dimana :

n = jumlah data

- 3) Hitung nilai deviasi standar dari log X :

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots \dots \dots \text{pers. 2.12}$$

- 4) Hitung nilai koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3} \dots \dots \dots \text{pers. 2.13}$$

Kemudian didapatkan persamaan umum dari Log Pearson Tipe III yaitu:

$$\log X = \overline{\log X} + (S \cdot \log X) \dots \dots \dots \text{pers. 2.14}$$

- 5) Dengan menetapkan anti log dari log X maka diperoleh nilai X yang terjadi pada tingkat peluang atau sebanding dengan nilai CS nya pada periode tertentu. Nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.5.

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.5 Nilai k Distribusi Log Pearson Tipe III

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	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	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,707	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	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
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	1,309	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

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,053	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	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	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	0,852	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	1,196	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,161	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,063	1,087	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

(CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
-2,5	0,360	0,711	0,711	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)

2.2.3 Uji Kecocokan

2.2.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 , yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Fauzi et al., 2012):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots \text{pers. 2.15}$$

Dimana :

χ^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Prosedur uji Chi-kuadrat adalah :

- 1) Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya)
- 2) Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub group minimal empat data pengamatan. Pengelompokan data (G) dapat dihitung dengan rumus :
- 3) $G = 1 + 1,37 \ln (n) \dots \dots \dots \text{pers. 2.16}$

n = jumlah data

- 4) Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap *sub group*.
- 5) Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- 6) Pada tiap sub grup hitung nilai :
 $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pers. 2.17
- 7) Jumlah seluruh G sub-grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi kuadrat.
- 8) Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R = 1$ (nilai $R = 2$ untuk distribusi normal dan binominal, dan nilai $R = 1$ untuk distribusi Poisson).
- 9) Parameter X^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X^2 sama atau lebih besar dari pada nilai chi kuadrat yang sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.6 Nilai Chi Kuadrat Teoritis

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	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

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	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	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,582	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	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	9,260	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	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
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	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut juga uji kecocokan non parametik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995).

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots \text{pers. 2.18}$$

$$P(X <) = 1 - P(X) \dots\dots\dots \text{pers. 2.19}$$

Dimana :

PX = Peluang

m = nomor urut kejadian

n = jumlah data

- 2) Tentukan masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{sd} \dots \dots \dots \text{pers. 2.20}$$

Dimana :

$f(t)$ = distribusi normal standar

x = curah hujan

$\bar{x}$ = curah hujan rata-rata

sd = standar deviasi

- 3) Tentukan peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke- m $P'(X_m)$, peluang teoritis tersebut didapat dari tabel.

- 4) Tentukan peluang pengamatan dari rumus:

$$P(X_m) = 1 - P'(X_m) \dots \dots \dots \text{pers. 2.21}$$

- 5) Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis, $D_{max} = [P(X_m) - P'(X_m)]$

- 6) Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov test*) tentukan harga D_o . (lihat Tabel 2.7)

- 7) Apabila D lebih kecil dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, namun apabila D lebih besar dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.7 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

N	α (derajat kepercayaan)			
	0,2	0,1	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

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.2.4 Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana yaitu besarnya debit yang direncanakan melewati penampang sungai dengan periode ulang tertentu. Besarnya debit banjir dihitung berdasarkan curah hujan dan aliran sungai antara lain : besarnya hujan, intensitas hujan, dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) (Soewarno, 1995).

2.2.4.1 Metode Rasional

Dalam Standart Nasional Indonesia, SNI 2415:2016 - Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana dijelaskan bahwa Metode Rasional dapat digunakan untuk ukuran daerah pengaliran $< 500 \text{ km}^2$. Dua

komponen utama ialah waktu konsentrasi (t_c) dan intensitas curah hujan (i_{tc}). Persamaan yang digunakan :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots \text{pers. 2.22}$$

Dimana :

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

C = koefisien limpasan ($0 \leq C \leq 1$)

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah aliran (km^2)

1. Koefisien *runoff* (C)

Koefisien *runoff* untuk drainase perkotaan sangat dipengaruhi oleh daerah kedap air dan dirumuskan seperti berikut :

$$C = 0,91 \times I_m + (1 - I_m) C_p \dots\dots\dots \text{pers. 2.23}$$

Dimana :

C_p = koefisien *runoff* untuk daerah tidak kedap air

I_m = rasio kedap air

$$I_m = \frac{A_{\text{KEDAP AIR}}}{A_{\text{TOTAL}}} \dots\dots\dots \text{pers. 2.24}$$

Koefisien *runoff* dan rasio kedap air dapat dilihat pada Tabel 2.8 di bawah ini :

Tabel 2.8 Koefisien *Runoff* dan Rasio Kedap Air

Tata guna lahan	Karakteristik	C	Im (%)	Keterangan
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0,90	100	
Industri	Bangunan penuh	0,80	80	Berkurang untuk bangunan tidak penuh
Pemukiman (kepadatan menengah – tinggi)	20 rmh/ha	0,48	30	Bandingkan daerah kedap air dengan daerah lain
	30 rmh/ha	0,55	40	
	40 rmh/ha	0,65	60	
	60 rmh/ha	0,75	75	
	10 rmh/ha	0,40	< 20	
Pemukiman (kepadatan rendah)				CN =85 (Curve Number)
Taman	Daerah datar	0,30	0	
Pedesaan	Tanah berpasir		0	C = 0,20; CN = 60
	Tanah berat (heavy soil)		0	C = 0,35; CN = 75
	Daerah irigasi		0	C = 0,50; CN = 85

Untuk C komposit dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$C_k = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_{TOTAL}} \dots \text{pers. 2.25}$$

Beberapa pendekatan estimasi waktu konsentrasi untuk aliran di lahan dapat digunakan seperti persamaan berikut :

- Cara menghitung t_c , Kirpich (1940)

Persamaan 2.25 digunakan untuk didaerah pedesaan.

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \dots \text{pers. 2.26}$$

Dimana :

t_c = waktu dalam menit

L = Panjang lereng dalam (m)

S = kemiringan lereng (m/m)

- Cara menghitung t_c , Izzard (1994)

$$t_c = \frac{526,4 \cdot K \cdot L}{i^{2/3}} \text{ menit} \rightarrow \text{untuk } i \cdot L < 3871. \text{pers. 2.27}$$

Dimana :

L = Panjang aliran di lahan (m)

i = intensitas hujan (mm/jam)

$$K = \frac{2,756 \cdot 10^{-4} \cdot i + C_r}{S^{2/3}} \dots \text{pers. 2.28}$$

Dimana :

L = Panjang aliran di lahan (overland flow distance), dalam (m)

i = intensitas hujan, dalam (mm/jam)

S = *slope* (m/m)

C_r = koefisien penghalang (Tabel 2.9)

Tabel 2.9 Koefisien C_r

Aspal Halus	0,0070
Aspal dan Perkerasan Pasir	0,0075
Atap	0,0082
Beton	0,0120
Aspal dan Perkerasan Krikil	0,0170
Rumput	0,0460
Alang-Alang	0,0600

- Cara menghitung t_c , Kerby (1959)

$$t_c = 1,44 * (L * n * S^{-0,5})^{0,467} \text{ menit} \rightarrow \text{untuk } L < 365 \dots\dots\dots \text{pers. 2.29}$$

Dimana :

L = Panjang aliran (m)

S = *slope* (m/m)

n = koefisien kekasaran

Tabel 2.10 Besarnya koefisien kekasaran (n)

Paving halus	0,02
Tanah terbuka	0,1
Rumput gersang / tanah terbuka	0,3
Rumput sedang	0,4
Hutan meranggas	0,6
Rumput lebat	0,8

Sumber: Chin, 2000

- Cara menghitung t_c , FAA

$$t_c = \frac{0,552 * [1,8 * (1,1 - C) * L^{0,5}]}{S^{1/3}} \text{ menit} \dots\dots\dots \text{pers. 2.30}$$

Dimana :

C = koefisien *runoff*

S = kemiringan lahan (%)

L = Panjang aliran di lahan (m)

- Waktu Konsentrasi di saluran

Untuk estimasi waktu konsentrasi di saluran digunakan pendekatan seperti berikut :

$$t_d = \frac{L}{60 \cdot V} \text{ menit} \dots \dots \dots \text{pers. 2.31}$$

Dimana :

L = Panjang saluran (m)

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

- Koefisien limpasan C , diperkirakan berdasarkan tata guna lahan (Tabel 2.11) dan kondisi permukaan lahan (Tabel 2.12).

Tabel 2.11 Nilai koefisien limpasan

Karakteristik tanah	Tata guna lahan	Koefisien Limpasan (C)
Campuran pasir dan/atau campuran kerikil	Pertanian	0,20
	Padang rumput	0,15
	Hutan	0,10
Geluh dan sejenisnya	Pertanian	0,40
	Padang rumput	0,35
	Hutan	0,30
	Pertanian	0,50
Lempung dan sejenisnya	Padang rumput	0,45
	Hutan	0,40

Tabel 2.12 Nilai koefisien limpasan

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran
Daerah Perdagangan Kota Sekitar kita	0,70-0,95	Jalan Aspal	0,75-0,95
	0,50-0,70	Aspal dan beton Batu bata dan batako	
Daerah Pemukiman Satu rumah	0,30-0,50	Atap Rumah	0,70-0,95
Banyak Rumah, terpisah Pemukiman, pinggiran Kota Apartemen	0,40-0,60	Halaman berumput, tanah pasir Datar, 2 % Rata-rata, 2-7 % Curam, 7 % atau lebih	0,05-0,10
	0,60-0,75		0,10-0,15
	0,25-0,40		0,15-0,20
	0,50-0,70		
Daerah Industri		Halaman berumput, tanah pasir padat Datar, 2 % Rata-Rata, 2-7 % Curam, 7 % atau lebih	
Ringan Padat	0,50-0,80		0,13-0,17 0,18-0,22 0,25-0,35
	0,60-0,90		
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0,10-0,25		
Halaman, jalan kereta api dan sejenisnya	0,20-0,35		
Lahan tidak terpelihara	0,10-0,30		

Sumber: Schwab, et.al 1981, arsyad 2006

2.2.4.2 Metode Melchior dan Haspers

Metode rasional dari Melchior dan Haspers pada umumnya berlaku untuk DAS yang luasnya sampai dengan 5000 hektar, khusus untuk wilayah Jakarta, anggapan-anggapan yang digunakan dalam penerapan metode rasional pada DAS yang luasnya lebih dari 5000 hektar, adalah : intensitas hujan yang merata di seluruh DAS untuk waktu curah hujan tertentu, waktu hujan sama dengan waktu konsentrasi dari DAS, puncak banjir dan intensitas hujan mempunyai periode ulang yang sama; digunakan Persamaan (2.33).

$$Q_{max} = \gamma \cdot \beta \cdot f \cdot q \dots\dots\dots \text{pers. 2.32}$$

Dimana :

Q_{max} = debit maksimum (m^3/det)

γ = koefisien aliran

β = koefisien reduksi

f = luas daerah aliran (km^2)

q = hujan maksimum ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{det}$)

dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Metode Melchior, dengan ketentuan sebagai berikut :

1) koefisien aliran berkisar antara 0,42 – 0,62 dan disarankan memakai 0,52;

2) koefisien reduksi digunakan Persamaan (2.35).

$$f = \frac{1970}{\beta - 0,12} + 1720\beta \dots\dots\dots \text{pers. 2.33}$$

3) Waktu konsentrasi ditentukan terlebih dahulu untuk mempercepat curah hujan maksimum dengan Persamaan (2.36).

$$t_k = \frac{1.000L}{3.600V} \dots\dots\dots \text{pers. 2.34}$$

Dimana :

t_k = waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai (km)

V = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

$$V = 1,31 \sqrt[5]{\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2} \dots\dots\dots \text{pers. 2.35}$$

$$i = \frac{H}{0,9L} \dots\dots\dots \text{pers. 2.36}$$

Dimana :

H = beda tinggi antara dasar sungai di mulut (outlet) DAS dengan dasar sungai di titik 0,9L ke arah hilir.

Maka :

$$T = 0,186L \cdot Q^{-0,2} \cdot i^{-0,4} \dots\dots\dots \text{pers. 2.37}$$

2. Metode Melchior, dengan ketentuan sebagai berikut :

1) koefisien aliran (α) dihitung dengan persamaan :

$$\alpha = \frac{1+0,012f^{0,7}}{1+0,075f} \dots\dots\dots \text{pers. 2.38}$$

2) koefisien reduksi (β) dihitung dengan persamaan :

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+(3,7 \times 10^{-0,4t})}{(t^2+15)} \times \frac{f^{3/4}}{12} \dots\dots\dots \text{pers. 2.39}$$

3) waktu konsentrasi dihitung dengan persamaan :

$$t_x = 0,1 L^{0,8} \cdot i^{-0,3} \dots\dots\dots \text{pers. 2.40}$$

4) hujan maksimum menurut Haspers dihitung dengan persamaan:

$$q = \frac{Rt}{3,6t} \dots\dots\dots \text{pers. 2.41}$$

$$R_t = \bar{R} + S_x \cdot Y \dots\dots\dots \text{pers. 2.42}$$

Dimana :

t = waktu curah hujan (jam)

q = hujan maksimum ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{s}$)

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

S_x = simpangan baku

Y = variabel simpangan untuk periode ulang T tahun

R_t = curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm)

berdasarkan Haspers ditentukan :

untuk $t < 2$ jam,

$$R = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1-0,0008 (260-R_{24})(2-t)^2} \dots\dots\dots \text{pers. 2.43}$$

Dimana :

t = waktu curah hujan (jam)

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

R_t = curah hujan dengan waktu t jam (mm)

untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$,

$$R_t = \frac{t \cdot R_{24}}{t+1} \dots\dots\dots \text{pers. 2.44}$$

untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$,

$$R_t = 0,707 \cdot R_{24} \sqrt{t+1} \dots\dots\dots \text{pers. 2.45}$$

Dimana :

T = waktu curah hujan (hari)

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

R_t = curah hujan dengan waktu t jam (mm)

2.3 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika dimanfaatkan untuk mengetahui kapasitas saluran dalam menampung debit banjir rencana pada kondisi saat ini tanpa terjadinya peluapan air (Perdana et al., n.d.). Menurut Jurnal (Suryaman & Kusnan, 2013) analisis hidrolika terdiri dari tiga tahap analisis, yaitu analisis terhadap kapasitas maksimum saluran drainase eksisting, evaluasi kapasitas

saluran terhadap debit rancangan dan evaluasi tinggi dan kemiringan saluran yang ideal berdasarkan kapasitas/volume air yang masuk.

Sungai Babon di modelkan dengan dengan bantuan program *HEC-RAS*. Analisis ini bertujuan guna mengetahui kondisi eksisting Sungai Babon serta mengetahui profil dari muka air. Kelebihan dari program ini yaitu pemakaiannya mudah dan tingkat akurasi dengan kesesuaian di lapangan cukup baik (Arifin, n.d.)

2.3.1 Analisa Kapasitas Sungai

Untuk perhitungan kapasitas sungai digunakan rumus *Manning*:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots \text{pers. 2.46}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} A \dots\dots\dots \text{pers. 2.47}$$

Dimana :

Q = kapasitas saluran (m^3/det)

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

A = luas basah penampang saluran (m^2)

I = kemiringan dasar saluran

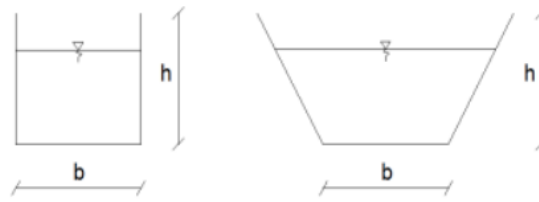
R = radius hidrolika (m)

N = angka kekasaran *Manning*

(Sumber: Astuti & Sudarsono, 2018)

2.3.2 Bentuk Saluran Paling Ekonomis

Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Sesuai dengan persamaan kontinuitas, bahwa untuk penampang melintang tetap, debit maksimum dapat diperoleh jika kecepatan aliran maksimum.



Gambar 2.1 Bentuk Saluran
(Sumber: (Suryaman & Kusnan, 2013))

2.3.3 Analisa Permodelan *HEC - RAS*

Menurut Jurnal (dalam (Syahputra, 2015)), Dalam analisis hidrolika karakteristik sungai sangat penting dalam analisis kapasitas pengaliran, kecepatan aliran, profil muka air, kondisi aliran dan fenomena-fenomena lainnya. Perhitungan hidrolika ditentukan dengan menggunakan *software HEC-RAS*.

HEC-RAS adalah suatu program aplikasi buat memodelkan aliran sungai *River Analysis System (RAS)* yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* dimana satu divisi di dalam *Institute For Water Resource (IWR)*, dibawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. *HEC-RAS* dapat menampilkan perhitungan penampang muka air satu dimensi untuk aliran dalam saluran alami atau buatan. *HEC-RAS* juga dapat memperhitungkan penampang muka air aliran subkritis serta superkritis. Di dalam sistem ini terdapat 3 komponen analisis hidrolik satu dimensi, yaitu perhitungan penampang muka air aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak tetap (*unsteady flow*), dan perhitungan transportasi sedimen. Hasil *outflow* pemodelan sungai berupa elevasi muka air banjir untuk setiap debit rencana dan hasil *ouput* pemodelan sungai berupa elevasi muka air banjir untuk setiap debit rencana (Arifin, n.d.).

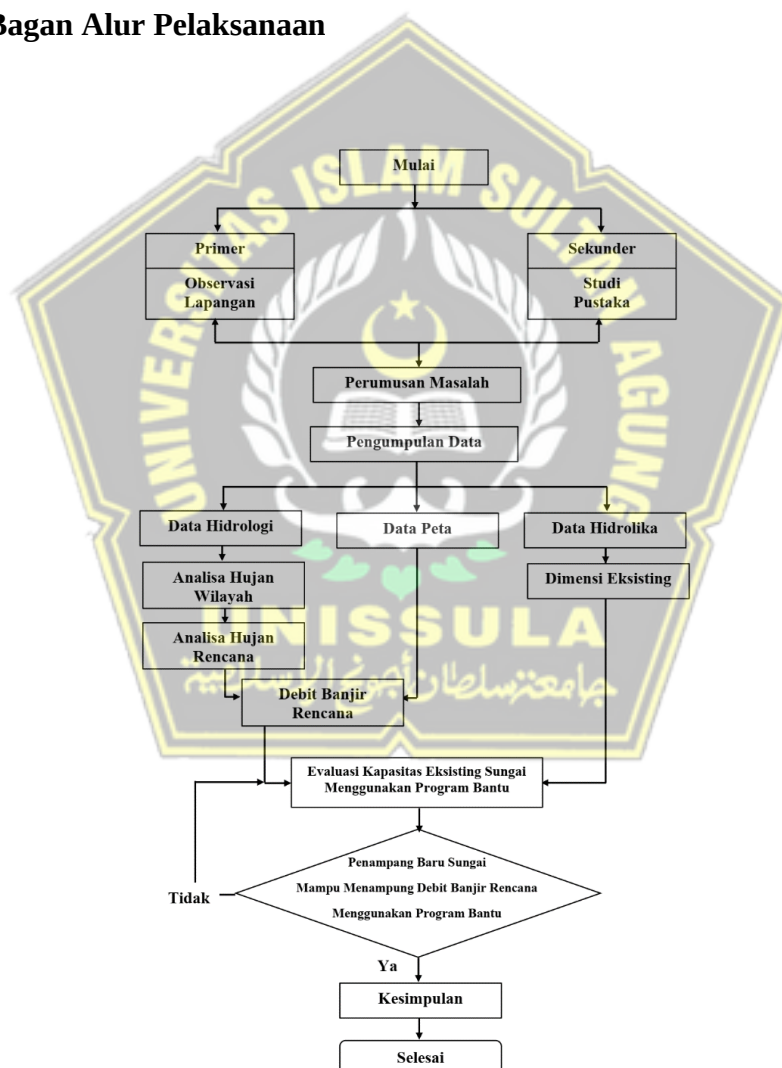
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Metodologi merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisa dan menangani suatu permasalahan. Dalam Bab III ini disusun untuk menjelaskan tahapan-tahapan Kajian Teknis Hidrolis dan Kondisi Eksisting Kali Babon.

3.2 Bagan Alur Pelaksanaan



Gambar 3.1 Bagan Alur Pelaksanaan

Dalam kajian teknis hidrolis Kali Babon digunakan bagan alur seperti gambar 3.1. Adapun tahapan-tahapan perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Tahap 1

Tahap pertama yaitu tahap pengumpulan data yang digunakan dalam kajian teknis hidrolis Kali Babon. Data-data yang dibutuhkan antara lain data topografi, data hidrologi, dan data pengukuran kondisi eksisting. Data tersebut didapatkan sebelum penyusunan laporan Tugas Akhir.

2. Tahap 2

Tahap selanjutnya adalah menentukan besarnya debit banjir rencana yang dilakukan dengan perhitungan distribusi hujan wilayah, perhitungan parameter statistik hidrologi, analisis debit dengan *HEC-RAS*. Setelah dilakukan perhitungan besarnya debit banjir rencana. Kemudian dilakukan permodelan penampang sungai menggunakan software *HEC-RAS* untuk mengetahui elevasi muka air pada penampang saat suatu debit air pada DAS tersebut.

3. Tahap 3

Tahap berikutnya setelah perhitungan dan permodelan penampang adalah melakukan pengecekan kapasitas penampang apakah mampu menampung debit banjir rencana. Dokumen DED yang harus dilengkapi dalam desain adalah Potongan Melintang Kali Babon, dan Potongan Memanjang Kali Babon.

3.3. Tahapan Persiapan

Tahap persiapan adalah susunan kegiatan sebelum melakukan pengumpulan data dan pengolahannya. Adapun beberapa kegiatan persiapan adalah sebagai berikut:

- a. Survei ke lokasi secara langsung untuk memperoleh gambaran secara umum baik bentuk dan tempat dari Kali Babon.
- b. Menentukan studi pustaka atau literatur sebagai acuan terhadap materi perencanaan untuk menentukan garis besar kajian teknis hidrolis Kali Babon.

- c. Menentukan dan menyiapkan kebutuhan data yang akan dibutuhkan dalam kajian teknis hidrolis Kali Babon.
- d. Mengumpulkan data yang akan dibutuhkan dalam kajian teknis hidrolis Kali Babon.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dari sejak awal perencanaan sampai tahap akhir. Pengumpulan data dilakukan agar memperoleh suatu informasi yang digunakan dalam mencapai tujuan suatu penelitian. Beberapa cara yang dapat dilakukan dalam metode pengumpulan data adalah sebagai berikut :

3.4.1 Metode Observasi

Metode observasi ialah metode pengumpulan data dimana pengamatan dilakukan secara langsung untuk melihat kegiatan dan permasalahan yang terjadi sebagai pemecahan permasalahan (Rahardja et al., 2018). Selain pengamatan secara langsung data juga dapat diperoleh dari internet untuk mengetahui kondisi dan lingkungan sekitar lokasi yang sebenarnya.

3.4.2 Study Literatur

Study literatur ialah metode pengumpulan data dengan cara menggabungkan, meneliti, mengelola data tertulis dan metode kerja yang dilakukan. Referensi terdapat pada jurnal, buku, situs-situs di internet, maupun artikel laporan penelitian. Hasil dari metode *study* literatur ini yaitu terkumpulkan referensi yang signifikan dengan perumusan masalah.

3.4.3 Metode Dokumentasi

Metode dokumentasi ialah metode pengumpulan data dimana pengamatan dilakukan dengan cara merekam data/keterangan yang dibutuhkan. Dengan maksud lain bahwa dokumentasi merupakan pengambilan data melalui dokumen tertulis maupun elektronik seperti kamera, *recorder*, dan sebagainya. Hasil dokumen yang didapat berupa tulisan, gambar, maupun rekaman tentang data tersebut.

3.4.4 Metode Kepustakaan

Metode kepustakaan ialah suatu metode pengumpulan data yang berfungsi untuk menggabungkan data dalam bentuk informasi yang relevan dengan topik atau permasalahan yang ada. Cara pengambilan data untuk metode ini berasal dari hasil penyelidikan, penelitian, bahan acuan, maupun standar yang dibutuhkan dalam perencanaan melalui instansi terkait maupun perpustakaan.

3.5. Jenis Data

Dalam kajian teknis digunakan 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder umumnya diperoleh dari instansi terkait yang sesuai dengan rencana proyek. Penjelasan lebih lanjut tentang data primer dan data sekunder yang digunakan dalam laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

3.5.1 Data Primer

Data primer ialah data yang awal kali diamati serta dicatat yang berasal langsung dari lapangan. Data tersebut dapat berubah menjadi data sekunder jika dimanfaatkan oleh orang tidak berhubungan langsung dengan riset yang bersangkutan. Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, data primer tidak digunakan sebab data yang didapatkan bukan berasal dari sumbernya langsung melainkan berasal dari pihak yang berkaitan.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder ialah data yang dibutuhkan dalam kajian teknis normalisasi Kali Babon. Data sekunder adalah data yang sudah ada sebelumnya bersumber dari instansi terkait dan penelitian yang sudah ada sebelumnya. Sumber data penelitian yang didapat peneliti secara tidak langsung melalui media perantara sehingga peneliti berperan sebagai pihak kedua. Data-data sekunder meliputi: data kondisi topografi, data hidrologi, data pengukuran kondisi eksisting.

3.6. Analisis Data

Analisis kajian teknis normalisasi Kali Babon sebagai berikut:

3.6.1 Analisa Hidrologi

Data hidrologi merupakan data yang digunakan untuk mengetahui debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Hal ini dilakukan dengan cara :

1. Perhitungan curah hujan rata-rata daerah.
2. Mengetahui curah hujan rencana.
3. Uji kesesuaian distribusi.
4. Perhitungan debit banjir rencana periode ulang 20 tahun.

3.6.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika dimanfaatkan untuk mengetahui kapasitas saluran dalam menampung debit banjir rencana pada kondisi eksisting tanpa terjadinya luapan air (Perdana et al., n.d.). Hal ini dilakukan dengan cara :

1. Analisa kondisi aliran banjir yang pernah terjadi sebelumnya.
2. Analisa kapasitas sungai pada keadaan eksisting.
3. Perhitungan hidrolika sungai untuk melewati banjir periode ulang 20 tahunan.

BAB IV

ANALISA HIDROLOGI

4.1 Tinjauan Umum

Dalam mengkaji teknis hidrolis sungai, analisa perhitungan yang perlu ditinjau adalah analisa hidrologi. Analisa hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana, yang mana debit banjir rencana akan berpengaruh besar terhadap dimensi maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun pada lokasi tersebut. Pada kajian teknis hidrolis Kali Babon, data debit harian selama periode 20 tahun yang akan dijadikan dasar perhitungan dalam menentukan debit banjir rencana.

Adapun langkah-langkah dalam analisa hidrologi adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasannya.
- b) Menentukan debit harian maksimum tiap tahunnya dari data debit harian dari bendung selama periode 20 tahun.
- c) Menghitung debit harian maksimum yang mewakili DAS.
- d) Menganalisis debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun.
- e) Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya debit banjir rencana diatas pada periode ulang T tahun.

4.2 Distribusi Hujan Wilayah

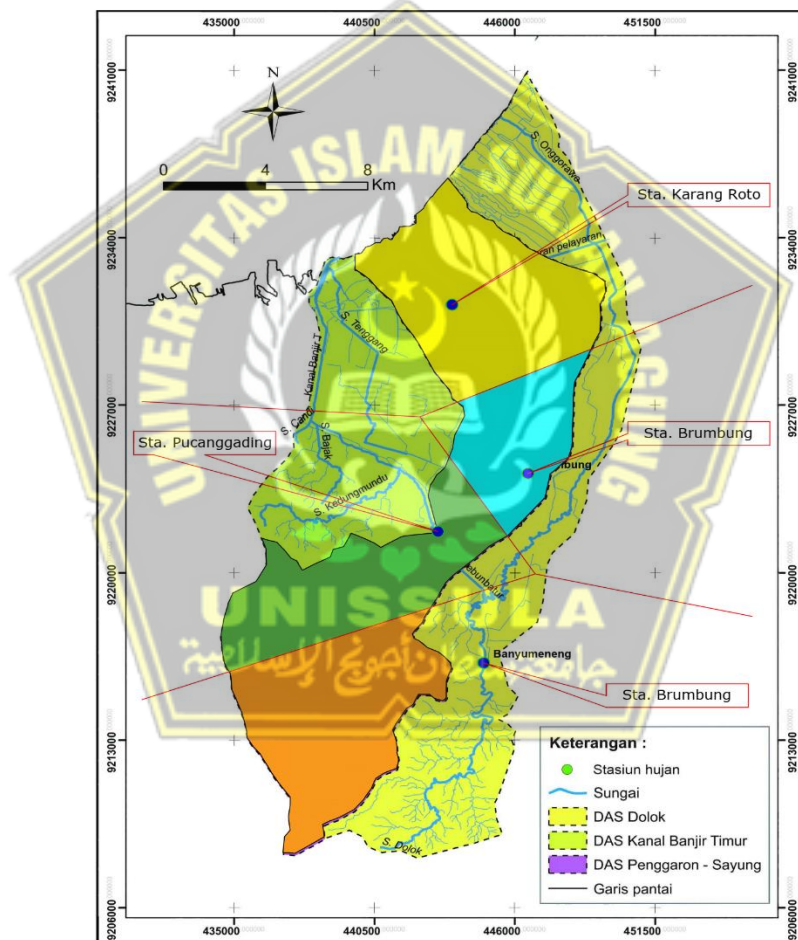
Dalam hal ini diperlukan perhitungan rata-rata curah hujan pada beberapa stasiun, data hujan yang diperlukan untuk analisa hidrologi yang telah terhimpun data hujan sepanjang tahun. Mulai dari tahun 2001 – 2020 pada 4 stasiun hujan, yaitu:

- 1) Stasiun Karang Roto
- 2) Stasiun Brumbung
- 3) Stasiun Pucang Gading
- 4) Stasiun Banyumeneng

Sebelum menentukan daerah aliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi Sub DAS yang ditinjau. Untuk curah hujan maksimum rata-rata DAS Kali Babon menggunakan persamaan 4.1, yaitu :

$$R = \frac{R_1.A_1 + R_2.A_2 + \dots + R_n.A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots \text{pers. 4.1}$$

Perhitungan hujan rata-rata digunakan untuk mengetahui tinggi hujan harian maksimum yang terjadi pada daerah studi. Perhitungan ini menggunakan cara Poligon Thiessen, seperti pada gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Poligon Thiessen Das Kali Babon
(Sumber : Hasil Analisis, 2021)

Tabel 4.1 Luas pengaruh Stasiun Hujan DAS Kali Babon

No.	Nama Stasiun	Luas DPS (km^2)	Koef. Thiessen (%)
1	Karang Roto	47,148	31,33
2	Brumbung	22,244	14,78
3	Pucanggading	37,003	24,59
4	Banyumeneng	44,089	29,30
	Total Luas DPS	150,484	100

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan gambar Poligon Thiessen DAS Kali Babon tersebut, maka dapat ditentukan koefisien DAS pada masing-masing stasiun hujan dan curah hujan harian maksimum seperti pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.2 Curah Hujan Maksimum Harian Rata – rata DAS dengan Metode *Polygon Thiessen*

No.	Tahun	Tanggal	Stasiun Pencatat Hujan								Hujan Rata-rata Harian (mm)	Hujan Max Harian Rata-rata (mm)
			Karang Roto		Brumbung		Pucanggading		Banyumeneng			
			Bobot									
			Curah Hujan	0,31	Curah Hujan	0,15	Curah Hujan	0,25	Curah Hujan	0,29		
1	2001	03-Jan	0	0	0	0	100	25	0	0	25	46,5
		12-Apr	30	9,3	117	17,55	67	16,75	10	2,9	46,5	
		20-Feb	128	39,68	0	0	0	0	0	0	39,68	
		18-Nov	25	7,75	30	4,5	30	7,5	64	18,56	38,31	
2	2002	01-Apr	38	11,78	60	9	75	18,75	60	17,4	56,93	112,43
		12-Mar	0	0	600	90	12	3	67	19,43	112,43	
		18-Mar	156	48,36	0	0	26	6,5	0	0	54,86	
		15-Dec	50	15,5	6	0,9	37	9,25	96	27,84	53,49	
3	2003	16-Feb	25	7,75	25	3,75	75	18,75	26	7,54	56,25	135,5
		28-Mar	0	0	91	13,65	37	9,25	3	0,87	25,9	
		02-Feb	80	24,8	19	2,85	50	12,5	30	8,7	70,15	
		09-Dec	0	0	25	3,75	15	3,75	128	37,12	135,5	
4	2004	27-Jan	22	6,82	13	1,95	300	75	85	24,65	108,42	108,42
		03-Jan	160	49,6	80	12	0	0	0	0	61,6	
		03-Feb	4	1,24	80	12	65	16,25	3	0,87	30,36	
		29-Mar	0	0	0	0	29	7,25	95	27,55	34,8	

No.	Tahun	Tanggal	Stasiun Pencatat Hujan								Hujan Rata-rata Harian (mm)	Hujan Max Harian Rata-rata (mm)
			Karang Roto		Brumbung		Pucanggading		Banyumeneng			
			Bobot									
			Curah Hujan	0,31	Curah Hujan	0,15	Curah Hujan	0,25	Curah Hujan	0,29		
5	2005	12-Jan	73	22,63	0	0	75	18,75	31	8,99	50,37	50,37
		31-Dec	8	2,48	105	15,75	8	2	0	0	20,23	
		12-Jan	73	22,63	0	0	75	18,75	31	8,99	50,37	
		08-Mar	0	0	0	0	40	10	107	31,03	41,03	
6	2006	05-Feb	60	18,6	90	13,5	150	37,5	72	20,88	90,48	111,15
		20-Apr	68	21,08	95	14,25	25	6,25	50	14,5	56,08	
		13-Feb	173	53,63	0	0	0	0	0	0	53,63	
		28-Jan	135	41,85	85	12,75	116	29	95	27,55	111,15	
7	2007	19-Dec	49	15,19	75	11,25	120	30	65	18,85	75,29	75,29
		05-Mar	0	0	80	12	107	26,75	68	19,72	58,47	
		04-Dec	100	31	43	6,45	65	16,25	0	0	53,7	
		30-Dec	32	9,92	23	3,45	25	6,25	80	23,2	42,82	
8	2008	09-Oct	94	29,14	95	14,25	100	25	28	8,12	76,51	80,18
		19-Feb	88	27,28	95	14,25	90	22,5	41	11,89	75,92	
		29-Dec	173	53,63	55	8,25	50	12,5	0	0	74,38	
		30-Jan	53	16,43	65	9,75	100	25	100	29	80,18	
9	2009	08-Feb	88	27,28	100	15	150	37,5	60	17,4	97,18	97,18
		08-Feb	88	27,28	100	15	150	37,5	60	17,4	97,18	
		14-Jan	130	40,3	25	3,75	16	4	2	0,58	48,63	
		09-Jun	0	0	4	0,6	0	0	160	46,4	47	
10	2010	12-Jan	45	13,95	90	13,5	87	21,75	55	15,95	65,15	65,15
		16 Mei	0	0	105	15,75	0	0	0	0	15,75	
		02-Jan	125	38,75	38	5,7	59	14,75	12	3,48	62,68	
		14-Sep	0	0	20	3	19	4,75	150	43,5	51,25	
11	2011	12-Jan	85	26,35	40	6	150	37,5	31	8,99	78,84	78,84
		16 Mei	0	0	105	15,75	0	0	20	5,8	21,55	
		02-Jan	100	31	0	0	42	10,5	51	14,79	56,29	
		14-Sep	34	10,54	20	3	61	15,25	85	24,65	53,44	
12	2012	14-Feb	17	5,27	35	5,25	100	25	0	0	35,52	75,48
		22-Feb	35	10,85	80	12	66	16,5	35	10,15	49,5	
		04-Feb	182	56,42	75	11,25	15	3,75	14	4,06	75,48	
		05-Mar	25	7,75	0	0	0	0	64	18,56	26,31	
13	2013	23-Feb	135	41,85	92	13,8	90	22,5	62	17,98	96,13	96,13
		02-Mar	14	4,34	97	14,55	47	11,75	1	0,29	30,93	
		23-Feb	135	41,85	92	13,8	90	22,5	62	17,98	96,13	
		11-Nov	7	2,17	0	0	15	3,75	147	42,63	48,55	
14	2014	04-Feb	75	23,25	120	18	106	26,5	175	50,75	118,5	118,5
		23-Jan	135	41,85	140	21	42	10,5	60	17,4	90,75	
		23-Jan	135	41,85	140	21	42	10,5	60	17,4	90,75	
		04-Feb	75	23,25	120	18	106	26,5	175	50,75	118,5	
15	2015	13-Feb	130	40,3	80	12	105	26,25	122	35,38	113,93	113,93
		21-Mar	17	5,27	105	15,75	43	10,75	22	6,38	38,15	
		13-Feb	130	40,3	80	12	105	26,25	122	35,38	113,93	
		13-Feb	130	40,3	80	12	105	26,25	122	35,38	113,93	

No.	Tahun	Tanggal	Stasiun Pencatat Hujan								Hujan Rata-rata	Hujan Max Harian
			Karang Roto		Brumbung		Pucanggading		Banyumeneng		Harian (mm)	Rata-rata (mm)
			Bobot									
			Curah Hujan	0,31	Curah Hujan	0,15	Curah Hujan	0,25	Curah Hujan	0,29		
16	2016	04-Jan	62	19,22	50	7,5	104	26	215	62,35	115,07	115,07
		10-Apr	44	13,64	105	15,75	58	14,5	154	44,66	88,55	
		27-Dec	110	34,1	0	0	3	0,75	0	0	34,85	
		04-Jan	62	19,22	50	7,5	104	26	215	62,35	115,07	
17	2017	04-Apr	132	40,92	0	0	165	41,25	17	4,93	87,1	144,08
		21-Jan	22	6,82	80	12	3	0,75	30	8,7	28,27	
		24-Feb	398	123,38	80	12	0	0	30	8,7	144,08	
		09-Mar	211	65,41	0	0	0	0	215	62,35	127,76	
18	2018	25-Feb	3	0,93	0	0	165	41,25	100	29	71,18	219,24
		02-Mar	0	0	126	18,9	0	0	3	0,87	19,77	
		20-Feb	700	217	0	0	2	0,5	6	1,74	219,24	
		24-Feb	3	0,93	0	0	2	0,5	100	29	30,43	
19	2019	30-Nop	69	21,39	42	6,3	93	23,25	0	0	50,94	88,01
		25-Dec	9	2,79	100	15	0	0	63	18,27	36,06	
		11-Jan	167	51,77	36	5,4	7	1,75	7	2,03	60,95	
		08-Feb	71	22,01	100	15	30	7,5	150	43,5	88,01	
20	2020	20-Feb	25	7,75	36	5,4	95	23,75	0	0	36,9	51,87
		16-Nop	23	7,13	102	15,3	4	1	15	4,35	27,78	
		11-Jan	89	27,59	36	5,4	2	0,5	0	0	33,49	
		19-Okt	27	8,37	0	0	0	0	150	43,5	51,87	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.3 Analisa Curah Hujan Rencana

Untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana dengan menggunakan data hujan, maka diperlukan adanya analisis. Analisis yang digunakan yaitu analisis statistik distribusi curah hujan harian maksimum. Metode umum yang digunakan dalam menentukan curah hujan rencana adalah distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Tipe III.

4.3.1 Distribusi Probabilitas Normal

Berdasarkan pada distribusi Probabilitas Normal maka data berupa sampel yang dipakai dalam perhitungan hujan rencana dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T . SD \dots \dots \dots \text{pers. 4.2}$$

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

No	Tahun Kejadian	X_i	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2001	46,5	2773,71
2	2002	112,43	175,93
3	2003	135,5	1320,16
4	2004	108,42	85,64
5	2005	50,37	2381,05
6	2006	111,15	143,62
7	2007	75,29	570,06
8	2008	80,18	360,47
9	2009	97,18	3,94
10	2010	65,15	1157,09
11	2011	78,84	413,15
12	2012	75,48	561,03
13	2013	96,13	9,22
14	2014	118,5	373,80
15	2015	113,93	217,98
16	2016	115,07	252,94
17	2017	144,08	2017,27
18	2018	219,24	14417,77
19	2019	88,01	124,46
20	2020	51,87	2236,91
Jumlah		1983,32	29596,17

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Dari tabel 4.3 diperoleh nilai perhitungan frekuensi hujan sebagai berikut :

a. Curah hujan rata-rata ($\bar{X}$) :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1983,32}{20} = 99,17 \text{ mm}$$

b. Standard deviasi (*standard deviation*) :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{29596,17}{19}} = 39,47 \text{ mm}$$

c. Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu :

$T = 2$ maka $K_T = 0$ (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss pada Tabel 2.3)

Perhitungan curah hujan rencana periode ulang 2 tahun yaitu :

$$\begin{aligned} X_2 &= \bar{X} + K_T \times SD \\ &= 99,17 + 0 \times 39,47 \\ &= 99,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Curah Hujan Metode Distribusi Normal

No	Periode Ulang (T)	$\bar{X}$ (mm)	K_T	X_T (mm)
1	2	99,17	0	99,17
2	5	99,17	0,84	132,32
3	10	99,17	1,28	149,68
4	20	99,17	1,64	163,89
5	25	99,17	1,71	166,66
6	50	99,17	2,05	180,07
7	100	99,17	2,33	191,13

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.3.2 Distribusi Probabilitas Log Normal

Pada distribusi probabilitas Log Normal, untuk perhitungan digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X) \dots\dots\dots \text{pers. 4.3}$$

Dimana :

$\text{Log } X_t$ = Nilai Logaritma hujan rencana periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata Log X (mm)

$S \text{ log } X$ = Standar deviasi dari Log X (mm)

K_T = Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu:

- $T = 2$ maka $K_T = 0$ (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss Tabel 2.2)

Perhitungan curah hujan rencana Log Normal yaitu :

$$\begin{aligned} \text{a. } \overline{\log X} &= \frac{\sum \log X_i}{n} = \frac{39,32}{20} = 1,97 \text{ mm} \\ \text{b. } S_{\log X} &= \sqrt{\frac{(\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,523}{19}} = 0,17 \text{ mm} \\ \text{c. } \log X_2 &= 1,97 + (0 + 0,17) = 1,97 \text{ mm} \\ X_2 &= 10^{1,97} = 92,51 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.5 Parameter Statistik Metode Distribusi Log Normal

No	Tahun Kejadian	X_i (mm)	$\log X_i$	$\log X_i - \overline{\log X}$	$(\log X_i - \overline{\log X})^2$
1	2001	46,5	1,67	-0,30	0,089
2	2002	112,43	2,05	0,08	0,007
3	2003	135,5	2,13	0,17	0,027
4	2004	108,42	2,04	0,07	0,005
5	2005	50,37	1,70	-0,26	0,070
6	2006	111,15	2,05	0,08	0,006
7	2007	75,29	1,88	-0,09	0,008
8	2008	80,18	1,90	-0,06	0,004
9	2009	97,18	1,99	0,02	0,000
10	2010	65,15	1,81	-0,15	0,023
11	2011	78,84	1,90	-0,07	0,005
12	2012	75,48	1,88	-0,09	0,008
13	2013	96,13	1,98	0,02	0,000
14	2014	118,5	2,07	0,11	0,012
15	2015	113,93	2,06	0,09	0,008
16	2016	115,07	2,06	0,09	0,009
17	2017	144,08	2,16	0,19	0,037
18	2018	219,24	2,34	0,37	0,140
19	2019	88,01	1,94	-0,02	0,000
20	2020	51,87	1,71	-0,25	0,063
Jumlah		1983,32	39,32	0,00	0,523

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.6 Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Log Normal

No	Periode Ulang (T)	K_T	$\text{Log } X_T \text{ (mm)}$	$X_T \text{ (mm)}$
1	2	0	1,97	92,51
2	5	0,84	2,11	127,50
3	10	1,28	2,18	150,84
4	20	1,64	2,24	173,08
5	25	1,71	2,25	177,77
6	50	2,05	2,31	202,42
7	100	2,33	2,35	225,27

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.3.3 Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III

Untuk perhitungan hujan rencana pada distribusi Log Pearson Tipe III digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X) \dots\dots\dots \text{pers. 4.4}$$

Dimana :

$\text{Log } X_t$ = Nilai Logaritma hujan rencana periode ulang T tahun

$\overline{\text{Log } X}$ = Nilai rata-rata Log X (mm)

$S \text{ log } X$ = Standar deviasi dari Log X (mm)

K_T = Variabel standar didapat berdasarkan koefisien kemencengan (Cs atau G)

Tabel 4.7 Parameter Statistik Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

No	X (mm)	P (%)	Log X	Log X - Log X _{rt}	(Log X - Log X _{rt}) ²
1	46,5	4,76	1,6675	-0,2987	0,0892
2	50,37	9,52	1,7022	-0,2640	0,0697
3	51,87	14,29	1,7149	-0,2513	0,0631
4	65,15	19,05	1,8139	-0,1523	0,0232
5	75,29	23,81	1,8767	-0,0894	0,0080
6	75,48	28,57	1,8778	-0,0883	0,0078
7	78,84	33,33	1,8967	-0,0694	0,0048
8	80,18	38,10	1,9041	-0,0621	0,0039
9	88,01	42,86	1,9445	-0,0216	0,0005
10	96,13	47,62	1,9829	0,0167	0,0003
11	97,18	52,38	1,9876	0,0214	0,0005
12	108,42	57,14	2,0351	0,0689	0,0048
13	111,15	61,90	2,0459	0,0797	0,0064
14	112,43	66,67	2,0509	0,0847	0,0072
15	113,93	71,43	2,0566	0,0905	0,0082
16	115,07	76,19	2,0610	0,0948	0,0090
17	118,5	80,95	2,0737	0,1075	0,0116
18	135,5	85,71	2,1319	0,1658	0,0275
19	144,08	90,48	2,1586	0,1924	0,0370
20	219,24	95,24	2,3409	0,3747	0,1404
Jumlah	1983,32		39,3235	0,0000	0,5229
Rata-rata	99,166		1,9662	0,0000	0,0261

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Perhitungan curah hujan rencana metode Log Pearson Tipe III yaitu :

$$a. \overline{\log X} = \frac{\sum \log Xi}{n} = \frac{39,32}{20} = 1,9662 = 1,97 \text{ mm}$$

$$b. S \log X = \sqrt{\frac{(\log Xi - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,5229}{19}} = 0,17 \text{ mm}$$

$$c. Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3}$$

$$= \frac{20 \times (0,0022)}{(20-1) \times (20-1) \times (0,17^3)}$$

$$= 0,028 \text{ mm}$$

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T dan nilai Cs atau C dari tabel kemecengan dengan Cs = 0,028 didapat nilai K_T yaitu :

- T = 2 tahun maka K_T = 0,000

- T = 5 tahun maka $K_T = 0,842$
- T = 10 tahun maka $K_T = 1,282$
- T = 20 tahun maka $K_T = 2,178$
- T = 25 tahun maka $K_T = 1,751$
- T = 50 tahun maka $K_T = 2,053$
- T = 100 tahun maka $K_T = 2,326$

$$\text{Log } X_2 = 1,97 + (0 + 0,17) = 1,97 \text{ mm}$$

$$X_2 = 10^{1,97} = 92,51 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.8 Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Tr (Tahun)	PTr (%)	K	K x Sd	Log XT	QT (mm)
2	50	0	0,000	1,966	92,507
5	20	0,842	0,140	2,106	127,602
10	10	1,282	0,213	2,179	150,956
20	5	2,178	0,361	2,328	212,591
25	4	1,751	0,290	2,257	180,573
50	2	2,053	0,341	2,307	202,653
100	1	2,326	0,386	2,352	224,927

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.3.4 Distribusi Probabilitas Gumbel

Pada perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas Gumbel digunakan rumus sebagai berikut :

Curah hujan pada periode ulang (X_T) yaitu :

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots \text{pers. 4.4}$$

Standar deviasi (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{pers. 4.5}$$

Dimana :

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

n = Jumlah data

SD = Standar deviasi

Besarnya curah hujan rencana dihitung dengan rumus :

$$X_T = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} X SD \dots\dots\dots \text{pers. 4.6}$$

Dimana :

X_T = Curah hujan harian rencana dengan periode ulang t tahun (mm)

$\bar{X}$ = Curah hujan harian rata-rata (mm)

SD = Standar deviasi

S_n = *Reduced standard deviation*

Y_t = *Reduced variate*

Y_n = *Reduced mean*

Untuk nilai S_n , Y_t , Y_n dapat dilihat dari tabel 2.2, 2.3, dan 2.4.

Perhitungan curah hujan disajikan dalam tabel.

a) Curah hujan rata-rata ($\bar{X}$) = $\frac{\sum X_i}{n} = 99,17 \text{ mm}$

b) Standar deviasi (SD) = $\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{29596,175}{19}} = 39,47 \text{ mm}$

Tabel 4.9 Parameter Statistik Metode Distribusi Gumbel

No	Tahun Kejadian	X_i	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2001	46,5	99,166	-52,666	2773,708
2	2002	112,43	99,166	13,264	175,934
3	2003	135,5	99,166	36,334	1320,160
4	2004	108,42	99,166	9,254	85,637
5	2005	50,37	99,166	-48,796	2381,050
6	2006	111,15	99,166	11,984	143,616
7	2007	75,29	99,166	-23,876	570,063
8	2008	80,18	99,166	-18,986	360,468
9	2009	97,18	99,166	-1,986	3,944
10	2010	65,15	99,166	-34,016	1157,088
11	2011	78,84	99,166	-20,326	413,146
12	2012	75,48	99,166	-23,686	561,027
13	2013	96,13	99,166	-3,036	9,217
14	2014	118,5	99,166	19,334	373,804
15	2015	113,93	99,166	14,764	217,976
16	2016	115,07	99,166	15,904	252,937
17	2017	144,08	99,166	44,914	2017,267
18	2018	219,24	99,166	120,074	14417,765
19	2019	88,01	99,166	-11,156	124,456
20	2020	51,87	99,166	-47,296	2236,912
Jumlah		1983,32			29596,175

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Untuk, $n = 20$ tahun ; didapat $Y_n = 0,5235$; $S_n = 1,0629$

untuk, $t = 2$ tahun ; $Y_t = 0,3665$

untuk, $t = 5$ tahun ; $Y_t = 1,4999$

untuk, $t = 10$ tahun ; $Y_t = 2,2504$

untuk, $t = 20$ tahun ; $Y_t = 2,9702$

untuk, $t = 25$ tahun ; $Y_t = 3,1985$

untuk, $t = 50$ tahun ; $Y_t = 3,9019$

untuk, $t = 100$ tahun ; $Y_t = 4,6001$

Sehingga, curah hujan periode ulang dengan metode Gumbel yaitu :

$$X_2 = 99,17 + \frac{0,3665 - 0,5235}{1,0629} \times 39,47 = 93,336 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.10 Perhitungan Hujan Rencana Metode Distribusi Gumbel

No.	Periode Ulang (tahun)	Sn	Sd	Yn	Yt	XT (mm)
1	2	1,0629	39,4676	0,5235	0,3665	93,336
2	5	1,0629	39,4676	0,5235	1,4999	135,422
3	10	1,0629	39,4676	0,5235	2,2502	163,282
4	20	1,0629	39,4676	0,5235	2,9606	189,660
5	25	1,0629	39,4676	0,5235	3,1985	198,494
6	50	1,0629	39,4676	0,5235	3,9019	224,613
7	100	1,0629	39,4676	0,5235	4,6001	250,538

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.4 Uji Distribusi Probabilitas

Uji Distribusi Probabilitas digunakan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

4.4.1 Uji Chi - Kuadrat (X^2)

Rumus yang digunakan pada perhitungan berdasarkan metode uji chi – kuadrat adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \dots \dots \dots \text{pers. 4.7}$$

Dimana:

X^2 = Parameter chi kuadrat terhitung

E_f = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

O_f = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

n = Jumlah sub kelompok

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (α) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus :

$$Dk = k - (p + 1) \dots \dots \dots \text{pers. 4.8}$$

$$K = 1 + 3,3 \log n \dots \dots \dots \text{pers. 4.9}$$

Dimana:

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Chi kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

$$X^2 < X^2 \text{ kritis}$$

Dimana:

X^2 = Parameter Chi kuadrat terhitung

x^2_{cr} = Parameter Chi kuadrat kritis (Tabel 2.6)



a. Menghitung parameter statistik X rata-rata dan standar deviasi

Tabel 4.11 Data curah hujan yang diurutkan dari besar ke kecil

No	Xi (mm)	Peringkat (m)	$P = \frac{m}{n + 1}$	T = 1/P
1	219,24	1	0,048	21,00
2	144,08	2	0,095	10,50
3	135,5	3	0,143	7,00
4	118,5	4	0,190	5,25
5	115,07	5	0,238	4,20
6	113,93	6	0,286	3,50
7	112,43	7	0,333	3,00
8	111,15	8	0,381	2,63
9	108,42	9	0,429	2,33
10	97,18	10	0,476	2,10
11	96,13	11	0,524	1,91
12	88,01	12	0,571	1,75
13	80,18	13	0,619	1,62
14	78,84	14	0,667	1,50
15	75,48	15	0,714	1,40
16	75,29	16	0,762	1,31
17	65,15	17	0,810	1,24
18	51,87	18	0,857	1,17
19	50,37	19	0,905	1,11
20	46,5	20	0,952	1,05

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

b. Menghitung jumlah kelas

Jumlah data (n) = 12

Kelas distribusi (K) = $1 + 3,3322 \log n$

$$= 1 + 3,3 \log 12 = 5 \text{ kelas}$$

c. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2_{cr}

Parameter (P) = 2

$$\begin{aligned}\text{Derajat kebebasan (DK)} &= K - (P+1) \\ &= 5 - (2 + 1) = 2\end{aligned}$$

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 12, α = 5 % dan Dk = 2 adalah 5,991 (Tabel 2.5)

d. Menghitung kelas distribusi

$$\text{Kelas distribusi} = \frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$$

Interval distribusi yaitu 20 %, 40 %, 60 %, 80 %.

- Persentase 20%
 $P(x) = 20\%$ diperoleh $T = 1/Px = 1/0,20 = 5$ tahun
- Persentase 40%
 $P(x) = 40\%$ diperoleh $T = 1/Px = 1/0,40 = 2,5$ tahun
- Persentase 60 %
 $P(x) = 60\%$ diperoleh $T = 1/Px = 1/0,60 = 1,67$ tahun
- Persentase 80%
 $P(x) = 80\%$ diperoleh $T = 1/Px = 1/0,80 = 1,25$ tahun

e. Menghitung kelas interval

1) Distribusi Probabilitas Normal

Nilai K_T didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu :

$T = 5$ tahun maka $K_T = 0,84$ (Tabel 2.2 variabel reduksi Gauss)

$T = 2,5$ tahun maka $K_T = 0,25$

$T = 1,67$ tahun maka $K_T = -0,25$

$T = 1,25$ tahun maka $K_T = -0,84$

Nilai $\bar{X} = 99,17 \text{ mm}$

Nilai $SD = 39,47 \text{ mm}$

Interval kelas :

$$X_T = \bar{X} + K_T \times SD \dots\dots\dots \text{pers. 4.10}$$

$$X_5 = 99,17 + (0,84 \times 39,47) = 132,32 \text{ mm}$$

$$X_{2,5} = 99,17 + (0,25 \times 39,47) = 109,03 \text{ mm}$$

$$X_{1,67} = 99,17 + ((-0,25) \times 39,47) = 89,30 \text{ mm}$$

$$X_{1,25} = 99,17 + ((-0,84) \times 39,47) = 66,01 \text{ mm}$$

2) Distribusi Probabilitas Gumbel

Dengan jumlah data (n) = 12, berdasarkan tabel nilai *reduced standard deviation* (Sn) dan *nilai reduced mean* (Yn), maka didapat nilai,

$$Y_n = 0,5235$$

$$S_n = 1,0629$$

$$Y_t = -\ln(-\ln \frac{T-1}{T}) \dots\dots\dots \text{pers. 4.11}$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{Y_t - 0,5235}{1,0629}$$

Sehingga didapat :

T = 5 tahun	Yt = 1,4999	maka K = 0,92
T = 2,5 tahun	Yt = 0,6717	maka K = 0,14
T = 1,67 tahun	Yt = 0,0907	maka K = -0,41
T = 1,25 tahun	Yt = -0,4759	maka K = -0,94

Maka interval kelas yaitu :

$$X_T = \bar{X} + K \times SD \dots\dots\dots \text{pers. 4.12}$$

$$X_5 = 99,17 + (0,92 \times 39,47) = 135,42 \text{ mm}$$

$$X_{2,5} = 99,17 + (0,14 \times 39,47) = 104,67 \text{ mm}$$

$$X_{1,67} = 99,17 + ((-0,41) \times 39,47) = 83,10 \text{ mm}$$

$$X_{1,25} = 99,17 + ((-0,94) \times 39,47) = 62,06 \text{ mm}$$

3) Distribusi Probabilitas Log Normal

Nilai KT didapat berdasarkan periode ulang tahun (T) yaitu :

T = 5 tahun maka KT = 0,84 (Lampiran tabel variabel reduksi Gauss)

T = 2,5 tahun maka $K_T = 0,25$

T = 1,67 tahun maka $K_T = -0,25$

T = 1,25 tahun maka $K_T = -0,84$

$$\overline{\text{Log } X_i} = 1,97 \text{ mm}$$

$$S \text{ Log } X = 0,17 \text{ mm}$$

Maka interval kelas yaitu :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X) \dots\dots\dots \text{pers. 4.13}$$

$$\text{Log } X_5 = 1,97 + (0,84 \times 0,17) = 2,11 = 127,50 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_{2,5} = 1,97 + (0,25 \times 0,17) = 2,01 = 101,78 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_{1,67} = 1,97 + ((-0,25) \times 0,17) = 1,92 = 84,08 \text{ mm}$$

$$\text{Log } X_{1,25} = 1,97 + ((-0,84) \times 0,17) = 1,83 = 67,12 \text{ mm}$$

4) Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III

Nilai K_T dihitung berdasarkan nilai T dan nilai C_s atau C dari tabel kemencengan dengan $C_s = 0,028$ didapat nilai K_T yang diinterpolasikan yaitu :

- Untuk T = 2,5 dilakukan interpolasi antara T = 2 ($K_T = 0$) dan T = 5 ($K_T = 0,842$).

$$\text{Jadi T} = 2,5 \text{ didapat } 0 + \left(0,842 - 0 \times \left(\frac{2,5-2}{5-2} \right) \right) = 0,842$$

- Untuk T = 1,67 dilakukan interpolasi antara T = 0 ($K_T = 0,0$) dan T = 2 ($K_T = 0$).

$$\text{Jadi T} = 1,67 \text{ didapat } 0$$

- Untuk T = 1,25 dilakukan interpolasi antara T = 0 ($K_T = 0,0$) dan T = 2 ($K_T = 0$).

$$\text{Jadi T} = 1,25 \text{ didapat } 0$$

- Untuk T = 5 maka didapat $K_T = 0,842$

T = 5 tahun maka $K_T = 0,842$

T = 2,5 tahun maka $K_T = 0,842$

T = 1,67 tahun maka KT = 0

T = 1,25 tahun maka KT = 0

$$\overline{\log X_i} = 1,97 \text{ mm}$$

$$S \log X = 0,17 \text{ mm}$$

Maka interval kelas yaitu :

$$\log X_T = \overline{\log X} + (K_T \times S \log X) \dots\dots\dots \text{pers. 4.14}$$

$$\log X_5 = 1,97 + (0,842 \times 0,17) = 2,11 = 127,60 \text{ mm}$$

$$\log X_{2,5} = 1,97 + (0,842 \times 0,17) = 2,11 = 127,60 \text{ mm}$$

$$\log X_{1,67} = 1,97 + (0 \times 0,17) = 1,97 = 92,51 \text{ mm}$$

$$\log X_{1,25} = 1,97 + (0 \times 0,17) = 1,97 = 92,51 \text{ mm}$$

f. Perhitungan nilai Chi - Kuadrat (X^2)

$$Ei = \frac{\text{Banyak data (n)}}{\text{Jumlah kelas}} = \frac{20}{5} = 4$$

O_i = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Tabel 4.12 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Normal

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	> 132,32	4	3	-1	0,25
2	109,30 - 132,32	4	5	1	0,25
3	89,30 - 109,30	4	3	-1	0,25
4	66,01 - 89,30	4	5	1	0,25
5	< 66,01	4	4	0	0
Jumlah			20	X2	1

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.13 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Gumbel

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	> 135,42	4	3	-1	0,25
2	104,67 - 135,42	4	6	2	1
3	83,10 - 104,67	4	3	-1	0,25
4	62,06 - 83,10	4	5	1	0,25
5	< 62,06	4	3	-1	0,25
Jumlah			20	X2	2

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.14 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Log Normal

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	> 127,50	4	3	-1	0,25
2	101,78 - 127,50	4	6	2	1
3	84,68 - 107,78	4	3	-1	0,25
4	67,12 - 84,68	4	4	0	0
5	< 67,12	4	4	0	0
Jumlah			20	X^2	1,5

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.15 Perhitungan nilai X^2 untuk distribusi Log Pearson Tipe III

Kelas	Interval	Ei	Oi	Oi - Ei	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	> 127,60	4	3	-1	0,25
2	127,60 - 127,60	4	0	-4	4
3	92,51 - 127,60	4	8	4	4
4	92,51 - 92,51	4	0	-4	4
5	< 92,51	4	9	5	6,25
Jumlah			20	X^2	18,5

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.16 Rekapitulasi nilai X^2 dan X^2_{cr}

No	Distribusi Probabilitas	X^2_{hitung}	X^2_{cr}	Keterangan
1	Normal	1	5,991	Diterima
2	Gumbel	2	5,991	Diterima
3	Log Normal	1,5	5,991	Diterima
4	Log Pearson Tipe III	18,5	5,991	Ditolak

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan Tabel 4.16 maka distribusi yang dipilih adalah distribusi Normal karena nilai X^2 hitung (paling kecil) $< X^2_{cr} = 1 < 5,991$, hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun sebagai berikut :

Tabel 4.17 Hujan Rencana dengan Distribusi Normal

No	Hujan rencana (mm)	Periode ulang (tahun)	Peluang (%)
1	99,17	2	50
2	132,32	5	20
3	149,68	10	10
4	163,89	20	5
5	166,66	25	4
6	180,07	50	2
7	191,13	100	1

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.4.2 Metode Smirnov - Kolmogorov

Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

a. Distribusi Probabilitas Normal

Distribusi Probabilitas Normal dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus :

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} \dots \text{pers. 4.15}$$

$$P(X_i) = \frac{1}{20 + 1} = 0,0476$$

- 3) Menghitung nilai $f(t)$

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{s} \dots \text{pers. 4.16}$$

$$f(t) = \frac{96,13 - 99,17}{39,47} = -0,077$$

- 4) Dari hasil $f(t)$ lihat Tabel 4.18 Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal dengan $t = -0,077$ maka didapat luas = 0,472

Tabel 4.18 Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal

i	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
-3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0040	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
-2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9899	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(Sumber : (Soewarno, 1995)

5) Menghitung $P'(X_i) = 1 - \text{point 4}$

$$= 1 - 0,528 = 0,472$$

6) Menghitung $(\Delta P) = P'(X_i) - P_x$

$$\Delta P_1 = 0,472 - 0,52 = -0,052$$

7) Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.19

8) Dari tabel perhitungan didapat $\Delta P_{\max} = 0,951$

9) Membandingkan $\Delta P_{\max}$ dengan nilai kritis ΔP_{kritis} . Untuk $N = 20$ dan $\alpha = 5\%$ dari tabel ΔP_{kritis} *Smirnov - Kolmogorov* didapat nilai $\Delta P_{\text{kritis}} = 0,29$

10) Jadi $\Delta P_{\max} (0,951) > \Delta P_{\text{kritis}} (0,29)$

11) Maka distribusi probabilitas Normal **ditolak** untuk menganalisis data curah hujan.



Tabel 4.19 Perhitungan Distribusi Normal Metode Smirnov-Kolmogorov

X	m	P(x) = m/(n+1)	P(x<)	$f(t) = \frac{(X - \bar{X})}{S}$	P'(x)	P' (x<)	ΔP
1	2	3	4 = nilai 1 - kol. 3	5	6	7 = nilai 1 - kol. 6	8 = 7 - 4
46,5	1	0,05	0,95	-1,334	0,908	0,092	-0,861
50,37	2	0,10	0,90	-1,236	0,891	0,109	-0,795
51,87	3	0,14	0,86	-1,198	0,883	0,117	-0,740
65,15	4	0,19	0,81	-0,862	0,805	0,195	-0,615
75,29	5	0,24	0,76	-0,605	0,726	0,274	-0,488
75,48	6	0,29	0,71	-0,600	0,726	0,274	-0,440
78,84	7	0,33	0,67	-0,515	0,695	0,305	-0,362
80,18	8	0,38	0,62	-0,481	0,684	0,316	-0,303
88,01	9	0,43	0,57	-0,283	0,610	0,390	-0,182
96,13	10	0,48	0,52	-0,077	0,528	0,472	-0,052
97,18	11	0,52	0,48	-0,050	0,520	0,480	0,004
108,42	12	0,57	0,43	0,234	0,409	0,591	0,162
111,15	13	0,62	0,38	0,304	0,382	0,618	0,237
112,43	14	0,67	0,33	0,336	0,375	0,626	0,292
113,93	15	0,71	0,29	0,374	0,356	0,644	0,359
115,07	16	0,76	0,24	0,403	0,345	0,655	0,417
118,5	17	0,81	0,19	0,490	0,316	0,685	0,494
135,5	18	0,86	0,14	0,920	0,179	0,821	0,678
144,08	19	0,90	0,10	1,138	0,129	0,871	0,776
219,24	20	0,95	0,05	3,042	0,001	0,999	0,951

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

b. Distribusi Probabilitas Gumbel

Distribusi Probabilitas Gumbel dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas P(Xi) dengan rumus :

$$P(Xi) = \frac{m}{n+1} \dots \dots \dots \text{pers. 4.17}$$

$$P(Xi) = \frac{1}{20 + 1} = 0,0476$$

- 3) Menghitung nilai f (t)

$$f(t) = \frac{x - \bar{x}}{s} \dots \dots \dots \text{pers. 4.18}$$

$$f(t) = \frac{96,13 - 99,17}{39,47} = -0,077$$

- 4) Dari Tabel dengan nilai N = 20 maka didapat Nilai (Sn) = 1,0629 dan Nilai *Reduced Mean* (Yn) = 0,5235

5) Y_t diperoleh dari persamaan yaitu :

$$f_t = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$-0,077 = \frac{Y_t - 0,5235}{1,0629}$$

$$\text{maka } Y_t = (-0,077 \times 1,0629) + 0,5235 = 0,44$$

6) T diperoleh dari nilai Y_t hasil perhitungan point 5 dengan $Y_t = 0,44$ terletak antara periode ulang 2 tahun $Y_t = 0,3665$ dan 5 tahun $Y_t = 1,4999$.

7) Maka, $Y_t = 0,44$ di interpolasikan yaitu

$$= 2 + \frac{0,44 - 0,3665}{1,4999 - 0,3665} \times (5 - 2) = 2,19 \text{ th}$$

8) Menghitung $P'(X_i) = 1/T$

9) Menghitung $(\Delta P) = P'(X_i) - P(X_i)$

10) Berdasarkan Tabel 4.20 dapat dilihat bahwa $\Delta P_{\max} = 17,934$

11) Jika jumlah data (n) = 20 dan α (derajat kepercayaan) = 5 %.

Maka dari tabel nilai ΔP kritis *Smirnov - Kolmogorov* didapat $\Delta P = 0,29$

12) Jadi $\Delta P_{\max} (17,934) > \Delta P_{\text{kritis}} (0,29)$

13) Maka distribusi probabilitas Gumbel **ditolak** untuk menganalisis data curah hujan.

Tabel 4.20 Perhitungan Distribusi Gumbel Metode Smirnov-Kolmogorov

Xi (mm)	m	P(Xi)	f(t)	YT	T	P'(Xi)	ΔP
46,5	1	0,048	-1,334	-0,89	-4,86	-0,21	-0,254
50,37	2	0,095	-1,236	-0,79	-4,31	-0,23	-0,327
51,87	3	0,143	-1,198	-0,75	-4,09	-0,24	-0,387
65,15	4	0,190	-0,862	-0,39	-2,13	-0,47	-0,660
75,29	5	0,238	-0,605	-0,12	-0,66	-1,53	-1,765
75,48	6	0,286	-0,600	-0,11	-0,60	-1,67	-1,952
78,84	7	0,333	-0,515	-0,02	-0,11	-9,17	-9,508
80,18	8	0,381	-0,481	0,01	0,05	18,32	17,934
88,01	9	0,429	-0,283	0,22	1,20	0,83	0,404
96,13	10	0,476	-0,077	0,44	2,19	0,46	-0,021
97,18	11	0,524	-0,050	0,47	2,27	0,44	-0,084
108,42	12	0,571	0,234	0,77	3,07	0,33	-0,245
111,15	13	0,619	0,304	0,85	3,28	0,30	-0,314
112,43	14	0,667	0,336	0,88	3,36	0,30	-0,369
113,93	15	0,714	0,374	0,92	3,47	0,29	-0,426
115,07	16	0,762	0,403	0,95	3,54	0,28	-0,480
118,5	17	0,810	0,490	1,04	3,78	0,26	-0,545
135,5	18	0,857	0,920	1,50	5,01	0,20	-0,657
144,08	19	0,905	1,138	1,73	6,54	0,15	-0,752
219,24	20	0,952	3,042	3,76	44,96	0,02	-0,930

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

Distribusi Probabilitas Log Normal dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas P(Xi) dengan rumus :

$$P(Xi) = \frac{m}{n+1} \dots \dots \dots \text{pers. 4.19}$$

$$P(Xi) = \frac{1}{20 + 1} = 0,476$$

- 3) Menghitung nilai f (t)

$$f(t) = \frac{\text{Log } Xi - \overline{\text{Log } X}}{S \text{ Log } X} \dots \dots \dots \text{pers. 4.20}$$

$$f(t) = \frac{1,98 - 1,97}{0,17} = 0,076$$

4) Dari hasil $f(t)$ lihat Tabel 4.18 Luas Wilayah Dibawah Kurva Normal dengan $t = 0,076$ maka didapat luas = 0,47

5) Menghitung $P'(X_i) = 1 - \text{point 4}$

$$= 1 - 0,476 = 0,528$$

6) Menghitung $(\Delta P) = P'(X_i) - P_x$

$$\Delta P_1 = 0,528 - 0,476 = 0,052$$

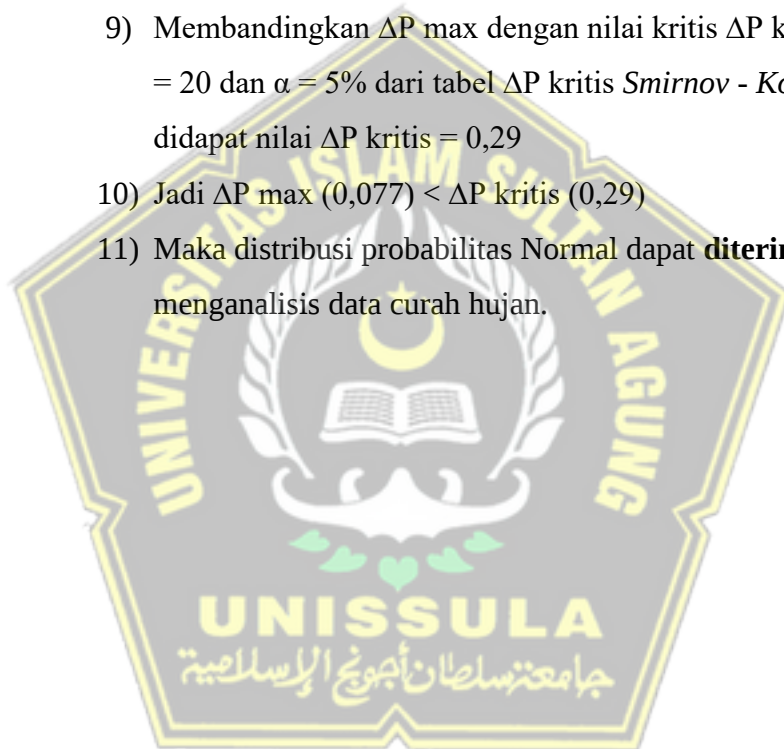
7) Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.21

8) Dari tabel perhitungan didapat $\Delta P_{\max} = 0,077$

9) Membandingkan $\Delta P_{\max}$ dengan nilai kritis ΔP_{kritis} . Untuk $N = 20$ dan $\alpha = 5\%$ dari tabel ΔP_{kritis} Smirnov - Kolmogorov didapat nilai $\Delta P_{\text{kritis}} = 0,29$

10) Jadi $\Delta P_{\max} (0,077) < \Delta P_{\text{kritis}} (0,29)$

11) Maka distribusi probabilitas Normal dapat **diterima** untuk menganalisis data curah hujan.



Tabel 4.21 Perhitungan Distribusi Log Normal Metode Smirnov-Kolmogorov

Xi (mm)	Log (Xi)	P(Xi)	f(t)	Luas Kurva Normal	P'(Xi)	ΔP
46,5	1,67	0,048	-1,780	0,96	0,038	-0,010
50,37	1,70	0,095	-1,575	0,94	0,058	-0,037
51,87	1,71	0,143	-1,500	0,93	0,067	-0,076
65,15	1,81	0,190	-0,918	0,82	0,184	-0,006
75,29	1,88	0,238	-0,549	0,71	0,295	0,057
75,48	1,88	0,286	-0,542	0,71	0,290	0,004
78,84	1,90	0,333	-0,431	0,66	0,336	0,003
80,18	1,90	0,381	-0,388	0,65	0,352	-0,029
88,01	1,94	0,429	-0,150	0,56	0,440	0,012
96,13	1,98	0,476	0,076	0,47	0,528	0,052
97,18	1,99	0,524	0,103	0,46	0,544	0,020
108,42	2,04	0,571	0,383	0,35	0,648	0,077
111,15	2,05	0,619	0,447	0,33	0,670	0,051
112,43	2,05	0,667	0,476	0,32	0,681	0,014
113,93	2,06	0,714	0,510	0,31	0,695	-0,019
115,07	2,06	0,762	0,535	0,30	0,702	-0,060
118,5	2,07	0,810	0,610	0,27	0,729	-0,080
135,5	2,13	0,857	0,953	0,17	0,829	-0,028
144,08	2,16	0,905	1,109	0,13	0,867	-0,038
219,24	2,34	0,952	2,182	0,02	0,983	0,030

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

d. Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III

Distribusi Probabilitas Log Pearson Tipe III dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- 1) Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
- 2) Menghitung probabilitas P(Xi) dengan rumus :

$$P(Xi) = \frac{m}{n+1} \dots \dots \dots \text{pers. 4.21}$$

$$P(Xi) = \frac{1}{20 + 1} = 0,476$$

- 3) Menghitung nilai f (t)

$$f(t) = \frac{\log Xi - \overline{\log Xi}}{s \log X} \dots \dots \dots \text{pers. 4.22}$$

$$f(t) = \frac{1,98 - 1,97}{0,17} = 0,076$$

- 4) Nilai $P'(X_i)$ berdasarkan $f_t = 0,076$ dengan menggunakan tabel kemencengan Log Pearson Tipe III dan nilai $C_s = 0,028$ dengan interpolasi diperoleh $P'(X_i) > f_t = 0,076$ terletak antara periode ulang 0 tahun = 0 dan periode ulang 2 tahun = 0,3665 dibuat dalam persen.

- 5) Maka, $f_t = 0,076$ di interpolasikan yaitu

$$= 0 + \frac{0,076 - 0,3665}{0 - 0,3665} \times (2 - 0) = 6,765$$

$$\text{Dalam persen} = 6,7625/100 = 0,068$$

- 6) Menghitung $(\Delta P) = P'(X_i) - P(X_i)$

$$= 0,068 - 0,476 = -0,409$$

- 7) Perhitungan selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.22

- 8) Berdasarkan Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa $\Delta P_{\max} = 0,170$

- 9) Jika jumlah data $(n) = 20$ dan α (derajat kepercayaan) = 5 %.

Maka dari tabel nilai ΔP kritis Smirnov - Kolmogorov didapat $\Delta P = 0,29$

- 10) Jadi $\Delta P_{\max} (0,170) < \Delta P_{\text{kritis}} (0,29)$

- 11) Maka distribusi probabilitas Log Pearson Tipe III dapat **diterima** untuk menganalisis data curah hujan.

Tabel 4.22 Perhitungan Distribusi Log Pearson Tipe III Metode Smirnov-Kolmogorov

Xi (mm)	Log (Xi)	P(Xi)	f(t)	P'(Xi)	ΔP
46,5	1,67	0,048	-1,780	0,020	-0,028
50,37	1,70	0,095	-1,575	0,020	-0,075
51,87	1,71	0,143	-1,500	0,020	-0,123
65,15	1,81	0,190	-0,918	0,020	-0,170
75,29	1,88	0,238	-0,549	0,020	-0,218
75,48	1,88	0,286	-0,542	0,020	-0,266
78,84	1,90	0,333	-0,431	0,020	-0,313
80,18	1,90	0,381	-0,388	0,020	-0,361
88,01	1,94	0,429	-0,150	0,020	-0,409
96,13	1,98	0,476	0,076	0,068	-0,409
97,18	1,99	0,524	0,103	0,067	-0,457
108,42	2,04	0,571	0,383	0,060	-0,511
111,15	2,05	0,619	0,447	0,059	-0,560
112,43	2,05	0,667	0,476	0,058	-0,609
113,93	2,06	0,714	0,510	0,057	-0,657
115,07	2,06	0,762	0,535	0,056	-0,705
118,5	2,07	0,810	0,610	0,055	-0,755
135,5	2,13	0,857	0,953	0,133	-0,724
144,08	2,16	0,905	1,109	0,114	-0,791
219,24	2,34	0,952	2,182	1,122	0,170

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 4.23 Rekapitulasi nilai ΔP hitung dan ΔP kritis

No	Distribusi Probabilitas	ΔP hitung	ΔP kritis	Keterangan
1	Normal	0,951	0,29	Ditolak
2	Gumbel	17,934	0,29	Ditolak
3	Log Normal	0,077	0,29	Diterima
4	Log Pearson Tipe III	0,17	0,29	Diterima

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan Tabel 4.23 maka distribusi yang dipilih adalah distribusi Log Normal karena nilai ΔP hitung (paling kecil) < ΔP kritis = 0,077 < 0,329, hujan rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun sebagai berikut :

Tabel 4.24 Hujan rencana dengan distribusi Log Normal

No	Hujan Rencana	Periode Ulang	Peluang
	(mm)	(tahun)	(%)
1	92,51	2	50
2	127,5	5	20
3	150,84	10	10
4	220,43	20	5
5	236,59	25	4
6	249,12	50	2
7	258,02	100	1

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.5 Analisa Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana dihitung berdasarkan data hujan rencana yang dilakukan dengan melihat hubungan banjir yang akan terjadi dengan distribusi curah hujan rencana periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun. Perhitungan debit banjir rencana Kali Babon ini adalah dengan metode Haspers, Rasional, dan Melchior.

4.5.1 Metode Haspers

Data-data untuk perhitungan debit banjir dengan metode Haspers yang didapat dari peta Topografi yaitu:

Luas <i>Catchment area</i> (A)	= 119,417 km ²
Panjang sungai	= 17,18 km ≈ 17,2 km
Elevasi hulu sungai	= + 276 mdpl
Elevasi hilir sungai yang di tinjau	= + 2 mdpl
Beda tinggi elevasi sungai tertinggi dengan elevasi terendah	
Beda Elevasi (ΔH)	= 274 m

Langkah-langkah perhitungan metode Haspers yaitu :

- a. Menghitung kemiringan *Catchment area* (i)

$$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{274}{17200} = 0,017$$

- b. Menghitung waktu kosentrasi (t)

$$\begin{aligned} t &= 0,1 \times L^{0,8} \times (i)^{-0,30} \\ &= 0,1 \times 16,4^{0,8} \times 0,017^{-0,30} \\ &= 3,20 \text{ jam} \end{aligned}$$

- c. Menghitung koefisien *Run Off*

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1 + 0,012 \times (A)^{0,7}}{1 + 0,075 \times (A)^{0,7}} \\ &= \frac{1 + 0,012 \times (150,484)^{0,7}}{1 + 0,075 \times (150,484)^{0,7}} \\ &= 0,399 \end{aligned}$$

- d. Menghitung koefisien reduksi

$$\begin{aligned} \frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{1 + 3,7 \times 10^{0,4 \times t} \times A^{3/4}}{t^2 + 15} \\ \frac{1}{\beta} &= 1 + \frac{1 + 3,7 \times 10^{(0,4 \times 3,20)} \times 150,484^{0,75}}{3,20 + 15} \\ \beta &= 0,98 \end{aligned}$$

- e. Menghitung curah hujan untuk lama hujan tertentu (t = tc)

Dari perhitungan t diatas didapat nilai t = 3,20 > 2 maka :

$$\begin{aligned} r_2 &= \frac{t \times R_{24}}{t + 1} \\ &= \frac{3,20 \times 92,507}{3,20 + 1} \\ &= 70,476 \end{aligned}$$

- f. Menghitung intensitas hujan periode ulang (I)

$$I_2 = \frac{r}{3,6 \times t}$$

$$= \frac{370,476}{3,6 \times 3,20}$$

$$= 6,12$$

- g. Menghitung debit banjir rencana periode ulang 2 tahun yaitu :

$$Q_2 = \alpha \times \beta \times I_2 \times A$$

$$= 0,399 \times 0,98 \times 6,12 \times 119,417$$

$$= 62,4 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.25 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Haspers

No.	T	$Q \text{ (m}^3/\text{dt)}$
1	2	62,4
2	5	119,1
3	10	168,8
4	20	190,4
5	50	226,1
6	100	288,5

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.5.2 Metode Melchior

Data-data untuk perhitungan debit banjir dengan metode Melchior yang didapat dari peta Topografi yaitu:

Luas Catchment area (A)	= 119,417 km ²
Panjang sungai	= 17,18 km $\approx$ 17,2 km
Panjang sungai efektif (L')	= 0,9 x 17,18 = 15,46 km
Elevasi hulu sungai	= + 276 mdpl
Elevasi hilir sungai yang di tinjau	= + 2 mdpl
Beda tinggi elevasi sungai tertinggi dengan	

$$\text{Beda Elevasi } (\Delta H) = 274 \text{ m}$$

Langkah-langkah perhitungan metode Melchior yaitu :

a. Menentukan nilai pengaliran (α)

Pada umumnya nilai pengaliran (α) = 0,42 – 0,62, maka diambil $\alpha = 0,52$

b. Menentukan β dan kemiringan (S)

- Luas Elips Melchior (F) = $\frac{1}{4} \times \pi \times a \times b$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15 \times 10 = 117,75 \text{ km}^2$$

Dimana : a = L catchment area pada peta topografi didapat 30 cm

$$a = \frac{30 \times 50000}{100000} = 15 \text{ km}$$

$$b = \frac{2}{3} \times a = \frac{2}{3} \times 15 = 10 \text{ km}$$

c. Menghitung kemiringan rata-rata sungai (S)

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{274}{17200} = 0,019 \text{ m}$$

d. Dengan nilai (F) = 117,75 km², maka β_1 dihitung dengan rumus :

$$F = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$$

$$117,75 = \frac{1970}{\beta_1 - 0,12} - 3960 + (1720 \times \beta_1)$$

$$\beta_1 = 0,62$$

e. Coba-coba asumsikan nilai I_1 , berdasarkan tabel Perkiraan intensitas hujan harian Melchior dengan nilai F = 117,75 km², maka dengan cara interpolasi dari tabel Melchior diperoleh nilai,

$$I_1 = 5,25 + \frac{(117,75 - 108)}{(144 - 108)} \times (4,75 - 5,25) = 3,89 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$$

- f. Menghitung debit (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \beta_1 \times I_1 \times A \\ &= 0,62 \times 3,89 \times 119,417 \\ &= 362,93 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- g. Menghitung kecepatan (V)

$$\begin{aligned} V &= 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \\ &= 1,31 \times (362,93 \times 0,019^2)^{0,2} = 0,87 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- h. Menghitung waktu kosentrasi (t_c)

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{10 \times L}{36 \times V} = \frac{10 \times 17,2}{36 \times 0,87} \\ &= 5,26 \text{ jam} = 315 \text{ menit} \end{aligned}$$

- h. Menghitung nilai β_2

Berdasarkan nilai $F = 117,75 \text{ km}^2$, dan nilai $t_c = 5,26 \text{ jam}$, maka lihat tabel β_2 menurut Melchior sehingga diperoleh $\beta_2 = 58,04 \%$.

- i. Menghitung nilai β

Sebelumnya diketahui $\beta_1 = 0,62$ maka didapat nilai,

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_1 \times \beta_2 \\ &= 0,62 \times 0,58 = 0,36 \end{aligned}$$

- j. Menghitung I sebenarnya (I_2)

$$\begin{aligned} I &= \frac{10 \times \beta \times R_{24} \text{maksimum}}{36 \times t_c} \\ &= \frac{10 \times 0,36 \times 224,927}{36 \times 5,26} = 4,28 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2 \end{aligned}$$

- k. Bandingkan I coba-coba = 3,89 dan I hitung = 4,28 $\text{m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$

Jadi, $I_1 \neq I_2$

1. Coba lagi $I_1 = 4,28 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$ kemudian perhitungan dimulai dari (point f) yaitu :

- Menghitung debit (Q)

$$\begin{aligned} Q &= \beta_1 \times I_1 \times A \\ &= 0,62 \times 4,28 \times 119,417 \\ &= 399,32 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

- Menghitung kecepatan (V)

$$\begin{aligned} V &= 1,31 \times (Q \times S^2)^{0,2} \\ &= 1,31 \times (399,32 \times 0,019^2)^{0,2} = 0,89 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai t_c

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{10 \times L}{36 \times V} = \frac{10 \times 17,2}{36 \times 0,89} \\ &= 5,12 \text{ jam} = 307 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai β_2

Berdasarkan nilai $F = 117,75 \text{ km}^2$, dan nilai $t_c = 5,12 \text{ jam}$, maka lihat tabel β_2 menurut Melchior sehingga diperoleh $\beta_2 = 57,48 \%$.

- Menghitung nilai β

Sebelumnya diketahui $\beta_1 = 0,62$ maka didapat nilai,

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_1 \times \beta_2 \\ &= 0,62 \times 0,57 = 0,35 \end{aligned}$$

- Menghitung I sebenarnya (I_2)

$$\begin{aligned} I &= \frac{10 \times \beta \times R_{24}^{\text{maksimum}}}{36 \times t_c} \\ &= \frac{10 \times 0,35 \times 224,927}{36 \times 5,12} = 4,28 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2 \end{aligned}$$

- Bandingkan I coba-coba = 4,28 dan I hitung = 4,28 $\text{m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$
Jadi, setelah dilakukan perhitungan didapat $I = 4,28 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$.

Untuk $t_c = 307 \text{ menit}$, besarnya koreksi 6% (lihat Tabel Penambahan Presentase Melchior) maka :

$$I = 4,28 + (4,28 \times 0,06) = 4,54 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$$

m. Menghitung debit banjir rencana (Q)

$$Q = \alpha \times I \times A \times \frac{R_T}{200}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit banjir rencana (Q}_2\text{)} &= \alpha \times I \times A \times \frac{R_2}{200} \\ &= 0,62 \times 4,54 \times 119,417 \times \frac{92,507}{200} \\ &= 57,70 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.26 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Melchior

No.	T	Q (m ³ /dt)
1	2	57,7
2	5	157,4
3	10	186,7
4	20	226,3
5	50	250,6
6	100	278,0

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.5.3 Metode Rasional

Metode ini digunakan dengan anggapan bahwa DPS memiliki:

- Intensitas curah hujan merata diseluruh DPS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan = waktu konsentrasi dari DPS.
- Puncak banjir dan intensitas curah hujan mempunyai tahun berulang yang sama.
- Luas DAS < 500 km².

Data-data untuk perhitungan debit banjir dengan metode Rasional yang didapat dari peta Topografi yaitu:

$$\text{Luas Catchment area (A)} = 119,417 \text{ km}^2$$

Langkah–langkah perhitungan metode Rasional yaitu :

a. Menghitung waktu konsentrasi (t_c)

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} = \left(\frac{0,87 \times 17,2^2}{1000 \times 0,019} \right)^{0,385}$$

$$= 2,63 \text{ jam}$$

b. Menghitung intensitas hujan periode ulang (I)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

$$= \frac{92,507}{24} \times \left(\frac{24}{2,63} \right)^{2/3}$$

$$= 16,96 \text{ mm/jam}$$

c. Koefisien Aliran Permukaan Terbobot (C_{terbobot})

Koefisien aliran permukaan terbobot (C_{terbobot}) DAS Kali Babon diperoleh dari nilai koefisien aliran permukaan (C) yang dikalikan dengan luasan setiap jenis pemanfaatan lahan tersebut (Tabel 4.26).

Tabel 4.27 Koefisien Aliran Permukaan Terbobot

No	Kegunaan Lahan	Presentase (%)	Luas (A_i) (km ²)	Angka Pengaliran (C_i)	($A_i \times C_i$)
1	Pemukiman	30	45,1452	0,6	27,08712
2	Perkebunan	25	37,621	0,4	15,0484
3	Sawah	3	4,51452	0,15	0,677178
4	Ladang	40	60,1936	0,1	6,01936
5	Empang	2	3,00968	0,05	0,150484
Jumlah		100	150,484	1,3	48,98254
Koefisien Pengaliran (C)					0,3255
					32,55

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

- d. Menghitung debit banjir dengan metode Rasional

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\
 &= 0,278 \times 0,33 \times 16,96 \times 119,417 \\
 &= 62,4 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.28 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Rasional

No.	T	$Q \text{ (m}^3/\text{dt)}$
1	2	60,4
2	5	115,2
3	10	158,1
4	20	170,7
5	50	215,9
6	100	270,5

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

4.5.4 Debit Banjir yang Dipakai

Dari hasil perhitungan metode – metode di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tabel 4.29 Debit Banjir yang Dipakai

Periode Ulang (Tahun)	Rasional (m^3/dt)	Haspers (m^3/dt)	Melchior (m^3/dt)
2	62,4	57,7	60,4
5	119,1	157,4	115,2
10	168,8	186,7	158,1
20	190,4	226,3	170,7
50	226,3	250,6	215,9
100	288,5	278,0	270,5

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Berdasarkan hasil perhitungan, debit maksimum dengan kala ulang 20 tahun dari 3 metode diatas adalah 226,3 m³/det dan diketahui bahwa nilai Q₂₀ Metode Haspers ≈ Q₅₀ Metode Rasional. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa debit banjir yang dipakai adalah metode Rasional karena nilai debit banjir rencana metode Rasional mendekati nilai debit banjir rencana berdasarkan data debit terukur.

BAB V

ANALISA HIDROLIKA

5.1 Tinjauan Umum

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Dalam studi ini perhitungan kapasitas DAS Kali Babon menggunakan pemodelan *HEC-RAS* 4.0. Analisa hidrolika ini terdiri dari analisa penampang eksisting sungai.

Dengan analisa ini dapat diketahui elevasi muka air pada penampang saat suatu debit air pada DAS tersebut. Data-data yang diperlukan dalam analisa penampang sungai dengan bantuan software *HEC-RAS* adalah:

1. Penampang memanjang sungai
2. Potongan melintang sungai
3. Data debit yang melalui sungai
4. Angka manning penampang sungai

5.2 Analisa Hidrolika Dengan Menggunakan *HEC-RAS*

5.2.1 Profil Muka Air Pada Aliran *Steady*

Dalam bagian ini *HEC-RAS* memodelkan suatu saluran dengan aliran *steady* berubah lambat laun. Sistem ini dapat mensimulasikan aliran pada seluruh jaringan saluran ataupun pada saluran tunggal tanpa percabangan, baik itu aliran kritis, subkritis, superkritis ataupun campuran sehingga didapat profil muka air yang diinginkan,

Konsep dasar dari perhitungan adalah menggunakan persamaan energi dan persamaan momentum. Kehilangan energi juga diperhitungkan dalam simulasi ini dengan menggunakan prinsip gesekan pada saluran, belokan serta perubahan penampang, baik akibat adanya jembatan, gorong-gorong ataupun bendung pada saluran atau sungai yang ditinjau.

5.2.2 Konsep Perhitungan Profil Muka Air Dalam HEC-RAS

Dalam *HEC-RAS* penampang sungai atau saluran ditentukan terlebih dahulu, kemudian luas penampang akan dihitung. Untuk mendukung fungsi saluran sebagai penghantar aliran maka penampang saluran di bagi atas beberapa bagian. Pendekatan yang dilakukan *HEC-RAS* adalah membagi area penampang berdasarkan dari nilai “n” (koefisien kekasaran *manning*) sebagai dasar bagi pembagian penampang. setiap aliran yang terjadi pada bagian dihitung dengan menggunakan persamaan *Manning* :

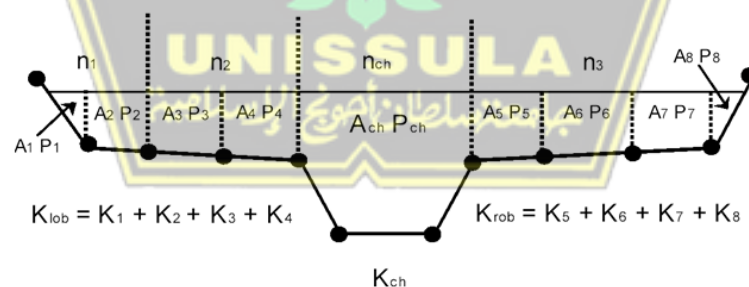
$$Q = KS_f^{1/2}, \text{ dan } \dots\dots\dots \text{pers. 5.1}$$

$$K = \frac{1,486}{n} AR^{2/3} \dots\dots\dots \text{pers. 5.2}$$

Dimana :

- K = nilai pengantar aliran pada unit
- n = koefisien kekasaran manning
- A = luas bagian penampang
- R = jari-jari hidrolis

Perhitungan nilai K dapat dihitung berdasarkan kekasaran *manning* yang dimiliki oleh bagian penampang tersebut seperti terlihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Contoh Penampang Saluran Dalam *HEC-RAS*

Setelah penampang ditentukan maka *HEC-RAS* akan menghitung profil muka air. Konsep dasar penghitungan profil permukaan air berdasarkan persamaan energi yaitu:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots \text{pers. 5.3}$$

Dimana :

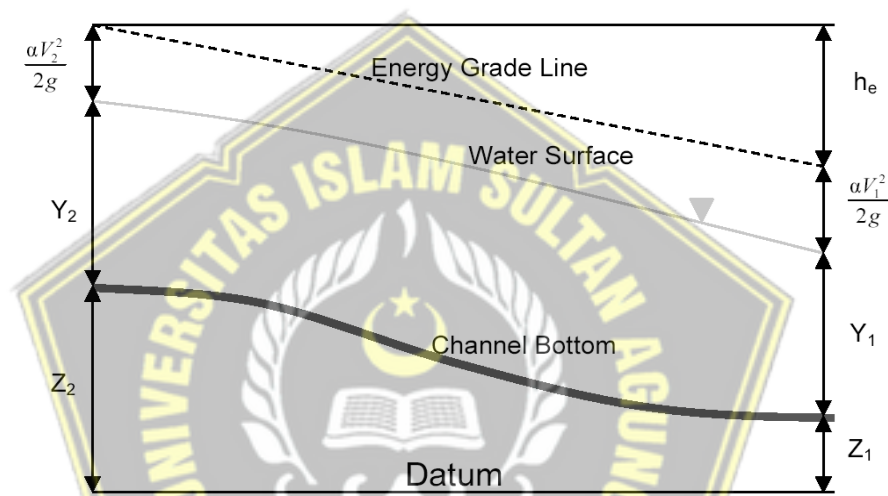
Z = fungsi titik diatas garis referensi

Y = fungsi tekanan di suatu titik

V = kecepatan aliran

α = koefisien kecepatan

h_e = energi *head loss*



Gambar 5.2 Penggambaran Persamaan Energi pada Saluran Terbuka

Nilai h_e didapat dengan persamaan :

$$h_e = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots \text{pers. 5.4}$$

Dimana :

L = jarak antara dua penampang

S_f = kemiringan aliran

C = koefisien kehilangan energi (penyempitan, pelebaran atau belokan)

Langkah berikutnya dalam perhitungan *HEC-RAS* adalah dengan mengasumsikan nilai muka air (*water surface*) pada penampang awal

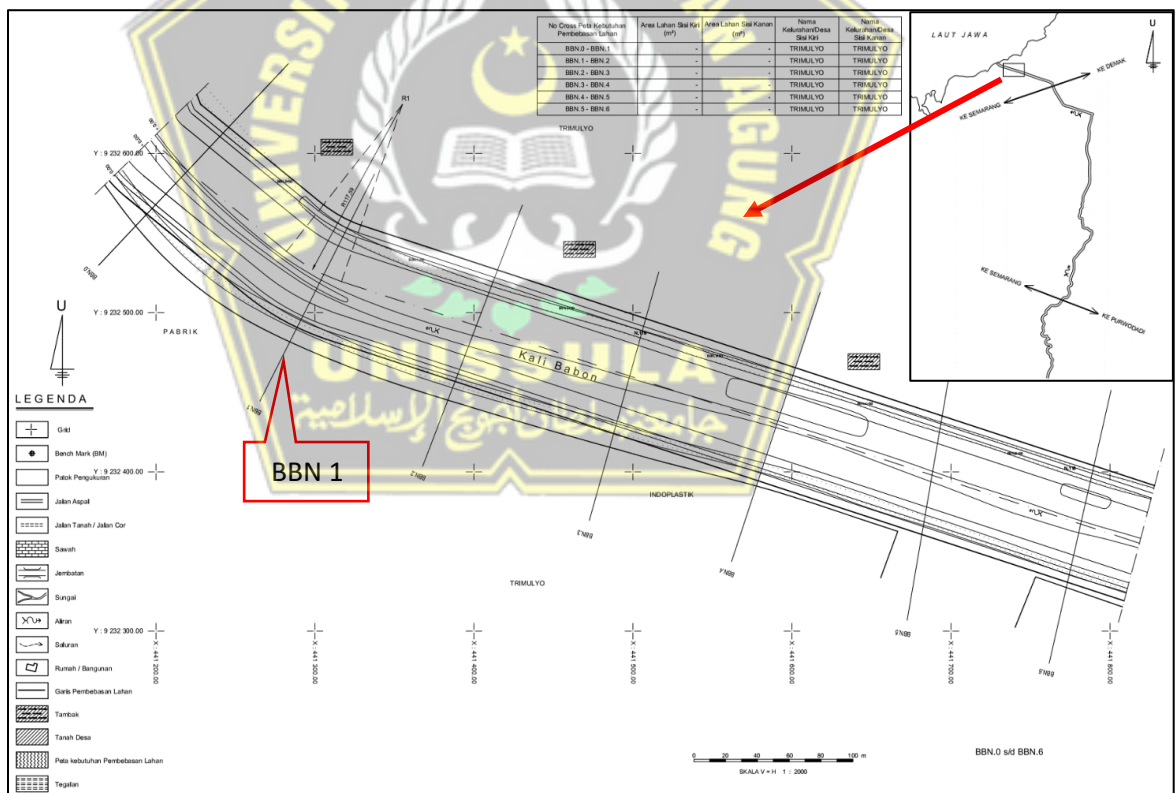
saluran (dalam hal ini penampang di hilir). Kemudian dengan menggunakan persamaan energi di atas maka profil muka air untuk semua penampang di saluran dapat diketahui.

5.3 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Sistem Sungai Babon

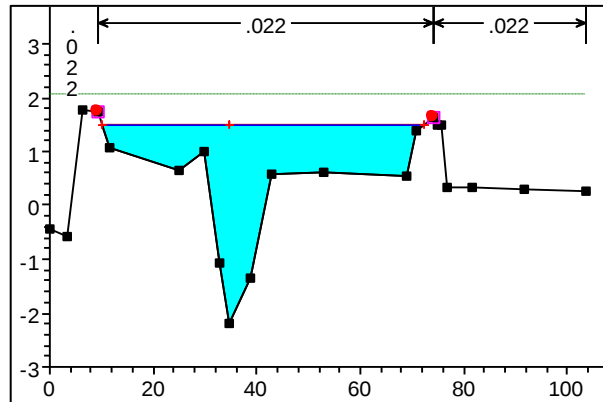
Simulasi analisis hidraulika terhadap Sungai Babon dilakukan dengan input penampang sepanjang $\pm 17,2$ kilometer. Berdasarkan hasil analisis dengan debit rencana (Q_{50}) sebesar $226,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ akan ditampilkan pada gambar berikut ini.

a. Cross BBN 1

Dari hasil analisa yang diperoleh dari *running HEC-RAS* penampang eksisting *cross section* BBN 1 dengan memasukkan debit kala ulang 50 tahun $226,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ yaitu penampang sungai tidak mengalami limpasan (meluap).



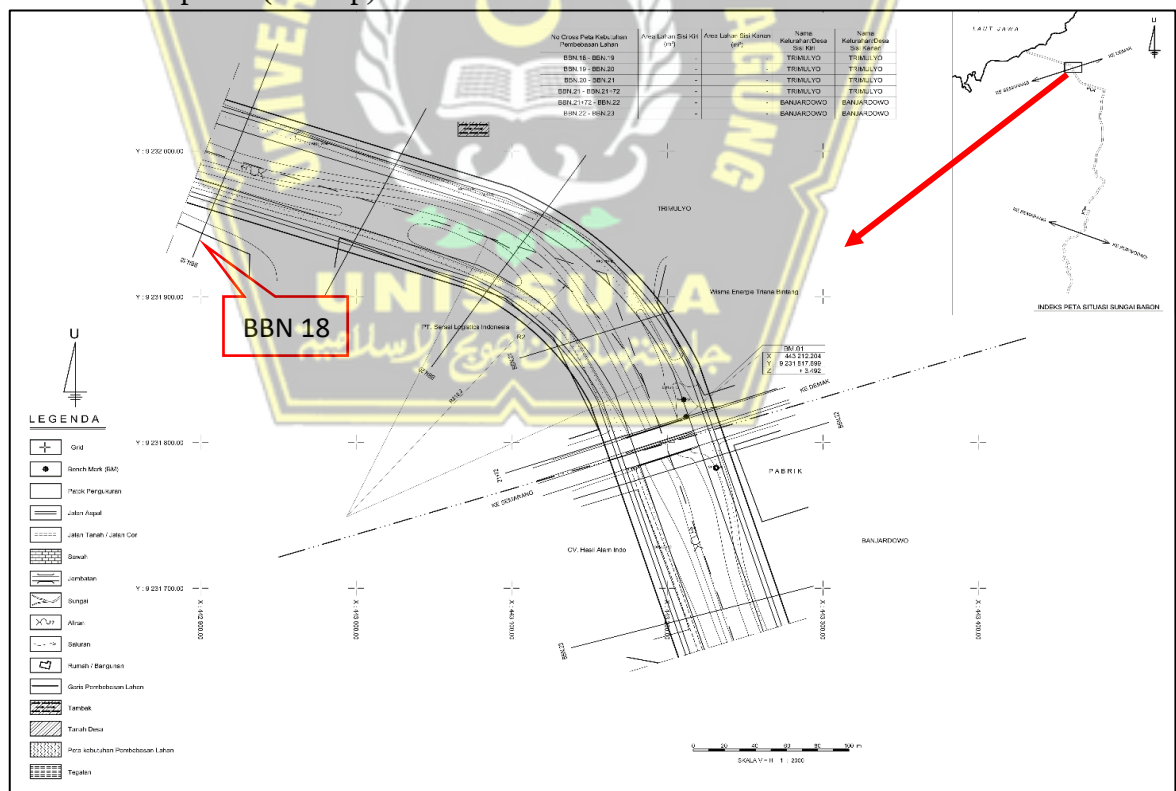
Gambar 5.3 Peta Situasi Sungai Babon BBN 0 s/d BBN 6
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)



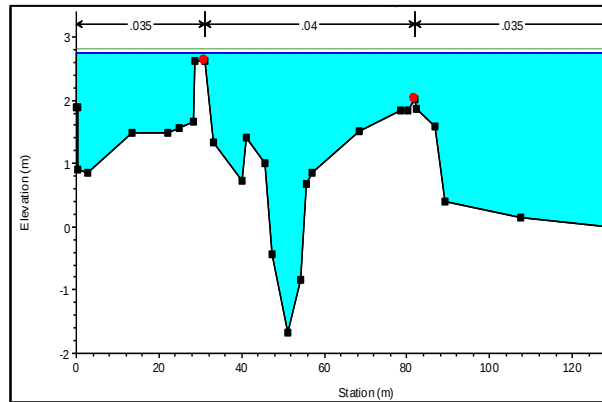
Gambar 5.4 Hasil Output *HEC-RAS* Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun Pada Cross Section BBN 1
(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)

b. Cross BBN 18

Dari hasil analisa yang di peroleh dari *running HEC-RAS* penampang eksisting cross section BBN 18 dengan memasukkan debit kala ulang 50 tahun $226,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ yaitu penampang sungai mengalami limpasan (meluap).



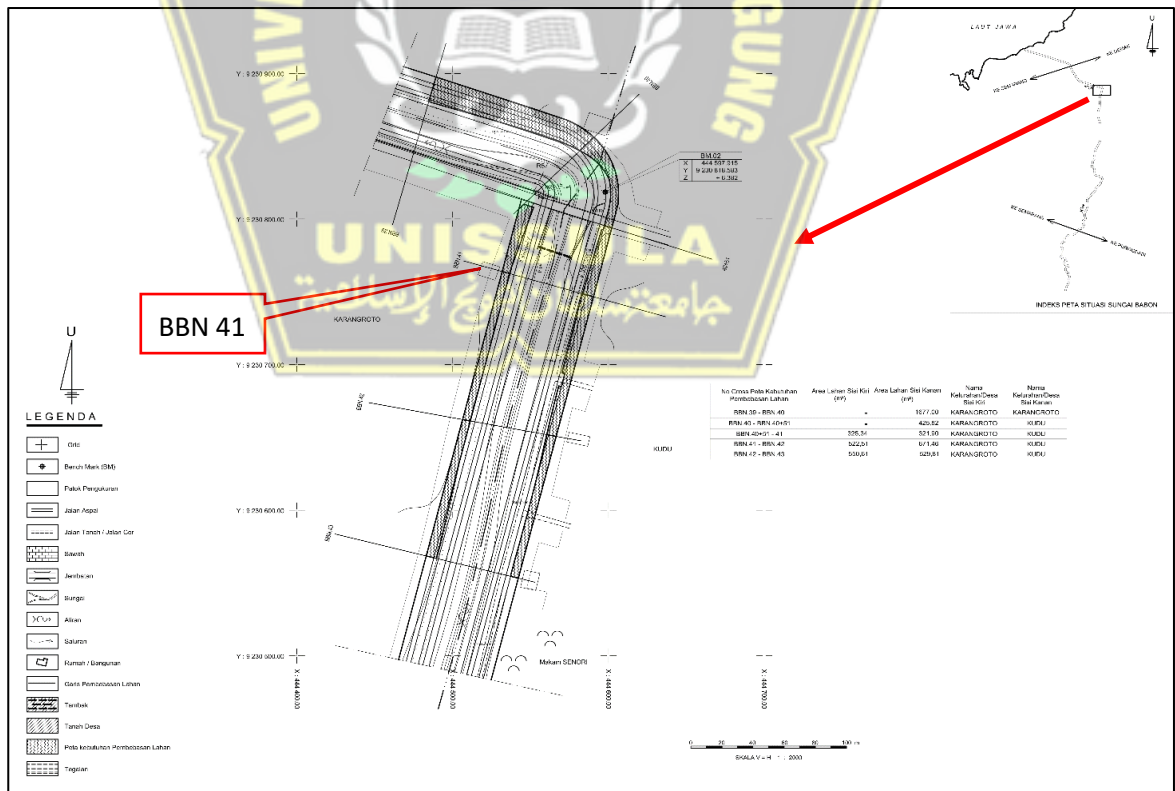
Gambar 5.5 Peta Situasi Sungai Babon BBN 18 s/d BBN 23
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)



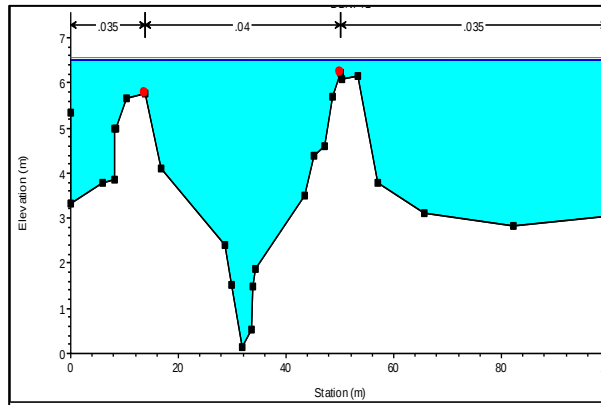
Gambar 5.6 Hasil *Output HEC-RAS* Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun Pada *Cross Section* BBN 18
(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)

c. Cross BBN 41

Dari hasil analisa yang di peroleh dari *running HEC-RAS* penampang eksisting *cross section* BBN 41 dengan memasukkan debit kala ulang 50 tahun 226,3 m³/detik yaitu penampang sungai mengalami limpasan (meluap).



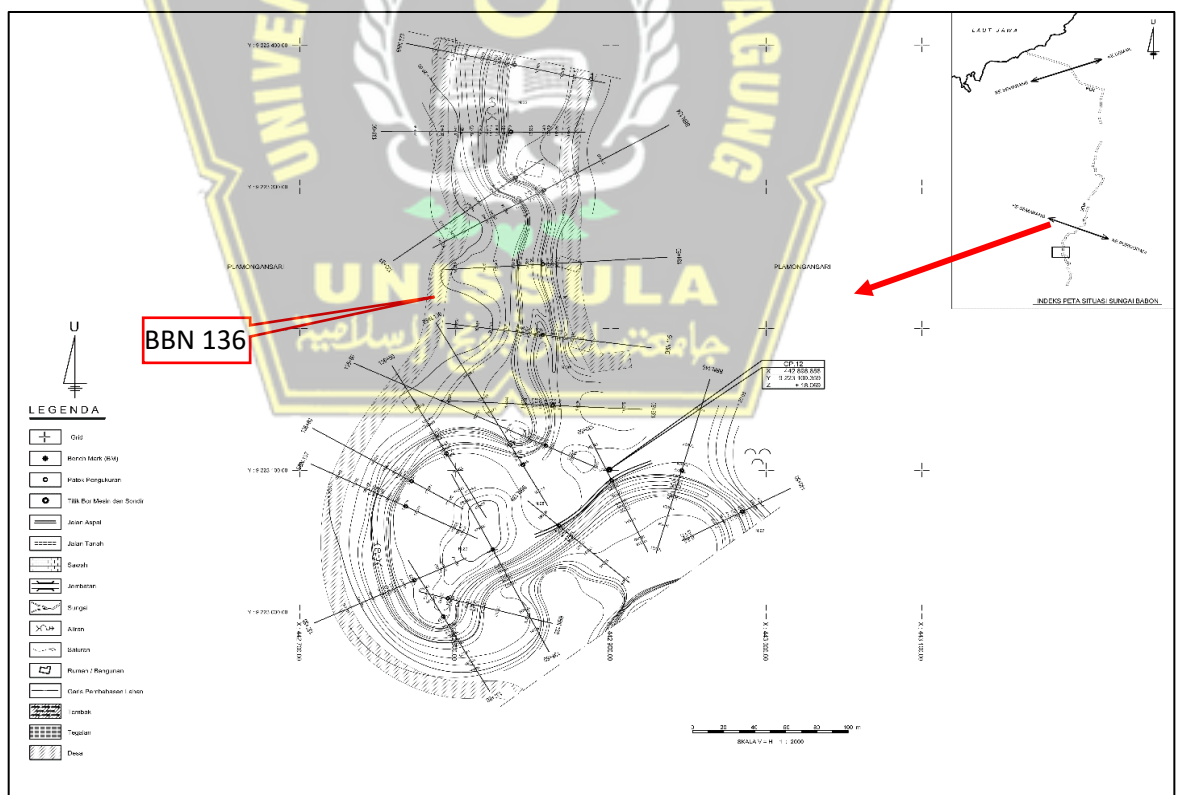
Gambar 5.7 Peta Situasi Sungai Babon BBN 39 s/d BBN 43
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)



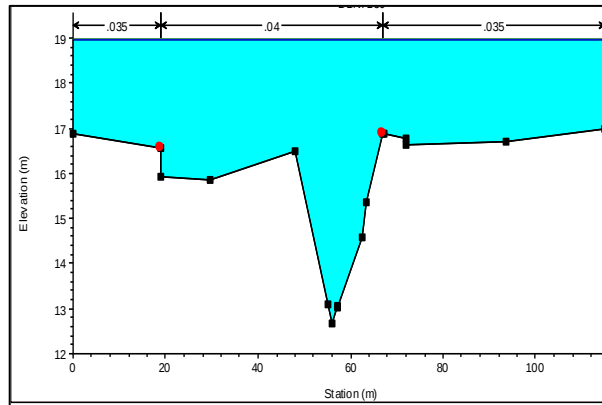
Gambar 5.8 Hasil Output *HEC-RAS* Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun Pada *Cross Section* BBN 41
(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)

d. Cross BBN 136

Dari hasil analisa yang di peroleh dari *running HEC-RAS* penampang eksisting *cross section* BBN 136 dengan memasukkan debit kala ulang 50 tahun $226,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ yaitu penampang sungai mengalami limpasan (meluap).



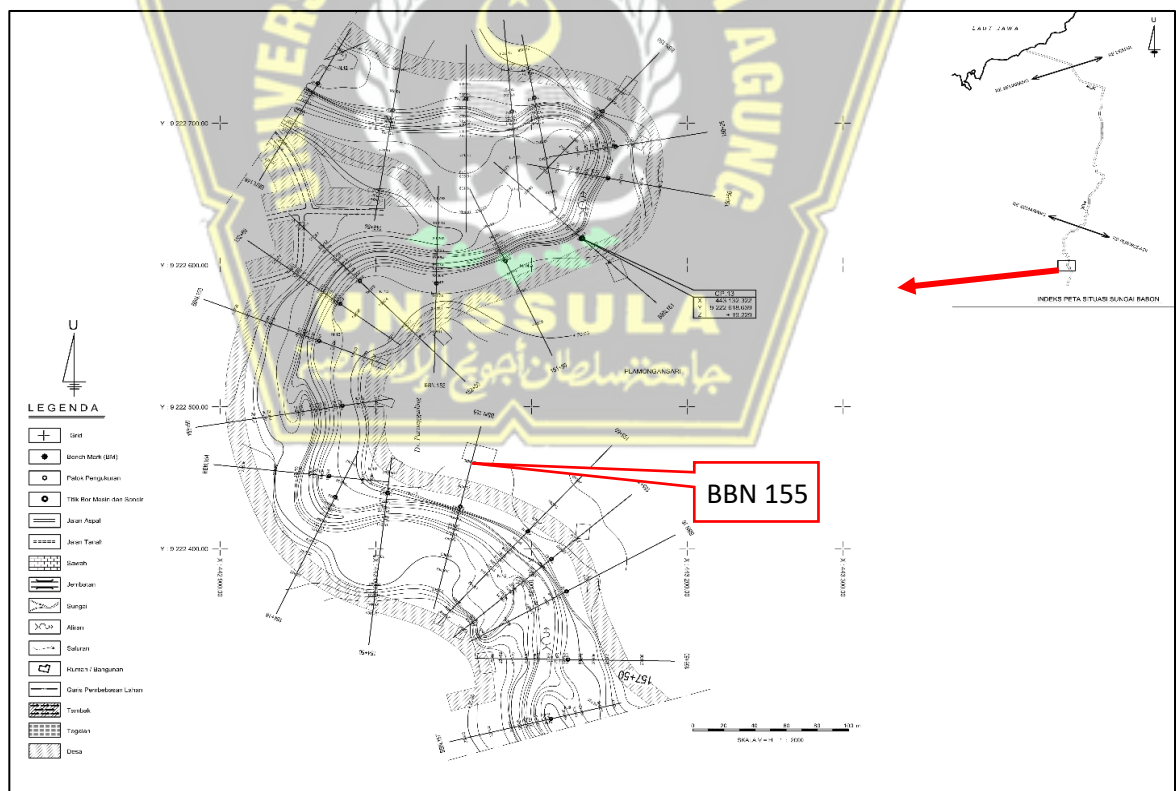
Gambar 5.9 Peta Situasi Sungai Babon BBN 133 s/d BBN 140+50
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)



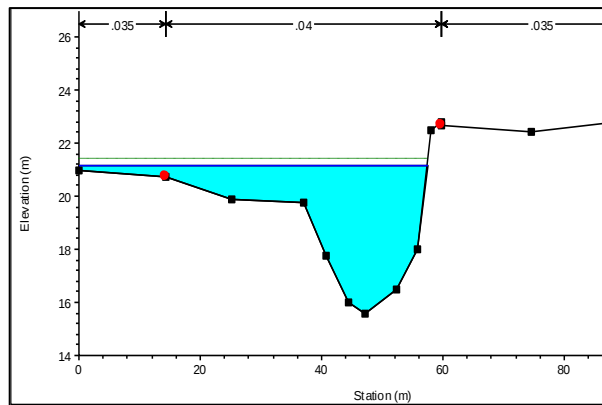
Gambar 5.10 Hasil *Output HEC-RAS* Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun Pada *Cross Section* BBN 136
(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)

e. Cross BBN 155

Dari hasil analisa yang di peroleh dari *running HEC-RAS* penampang eksisting *cross section* BBN 155 dengan memasukkan debit kala ulang 50 tahun $226,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ yaitu penampang sungai mengalami limpasan (meluap).



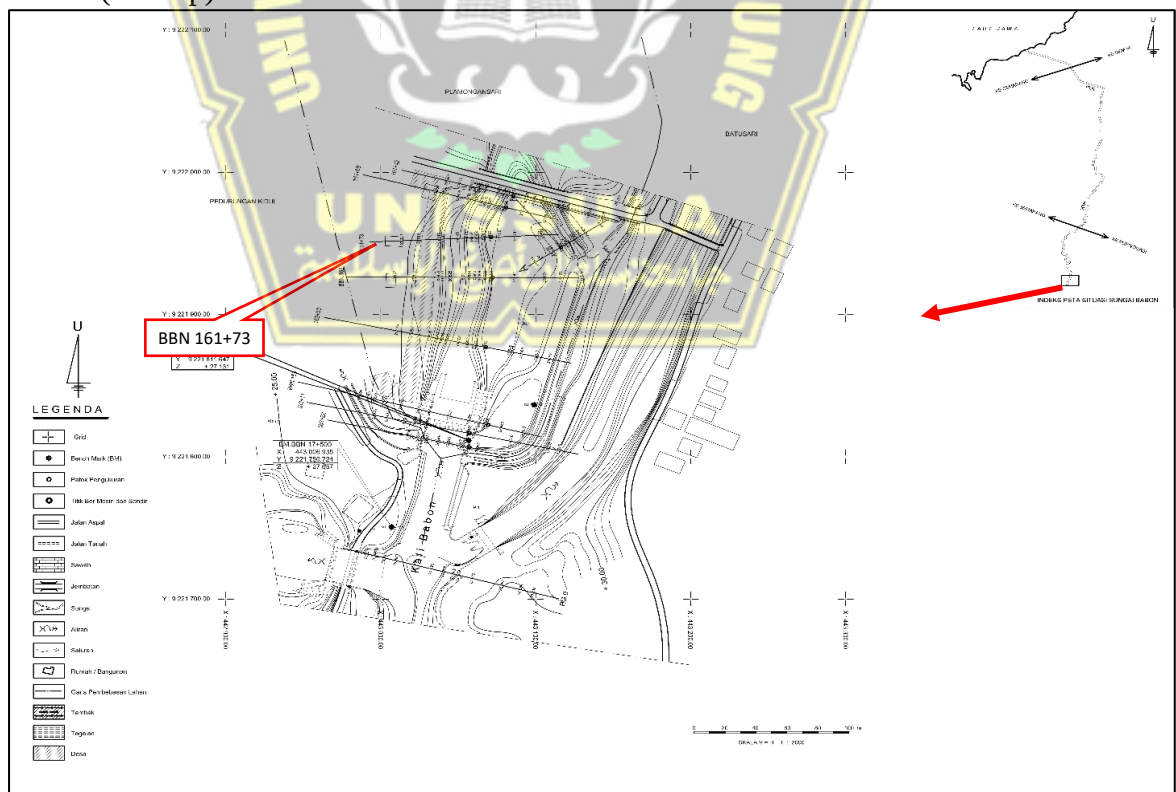
Gambar 5.11 Peta Situasi Sungai Babon BBN 149 s/d BBN 157
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)



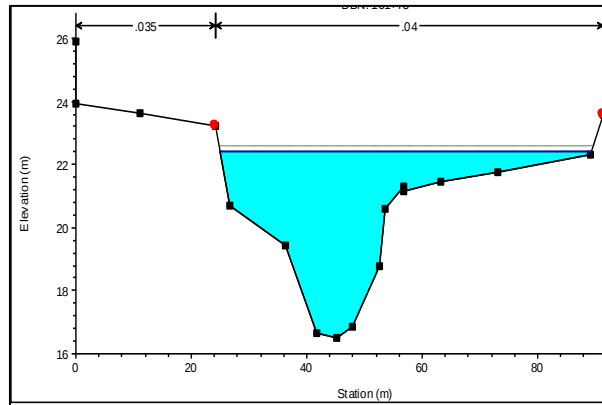
Gambar 5.12 Hasil *Output* HEC-RAS Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun Pada *Cross Section* BBN 155
(Sumber : Hasil Perhitungan HEC-RAS, 2021)

f. Cross BBN 161+73

Dari hasil analisa yang di peroleh dari *running* HEC-RAS penampang eksisting *cross section* BBN 136 dengan memasukkan debit kala ulang 50 tahun $226,3 \text{ m}^3/\text{detik}$ yaitu penampang sungai tidak mengalami limpasan (meluap).

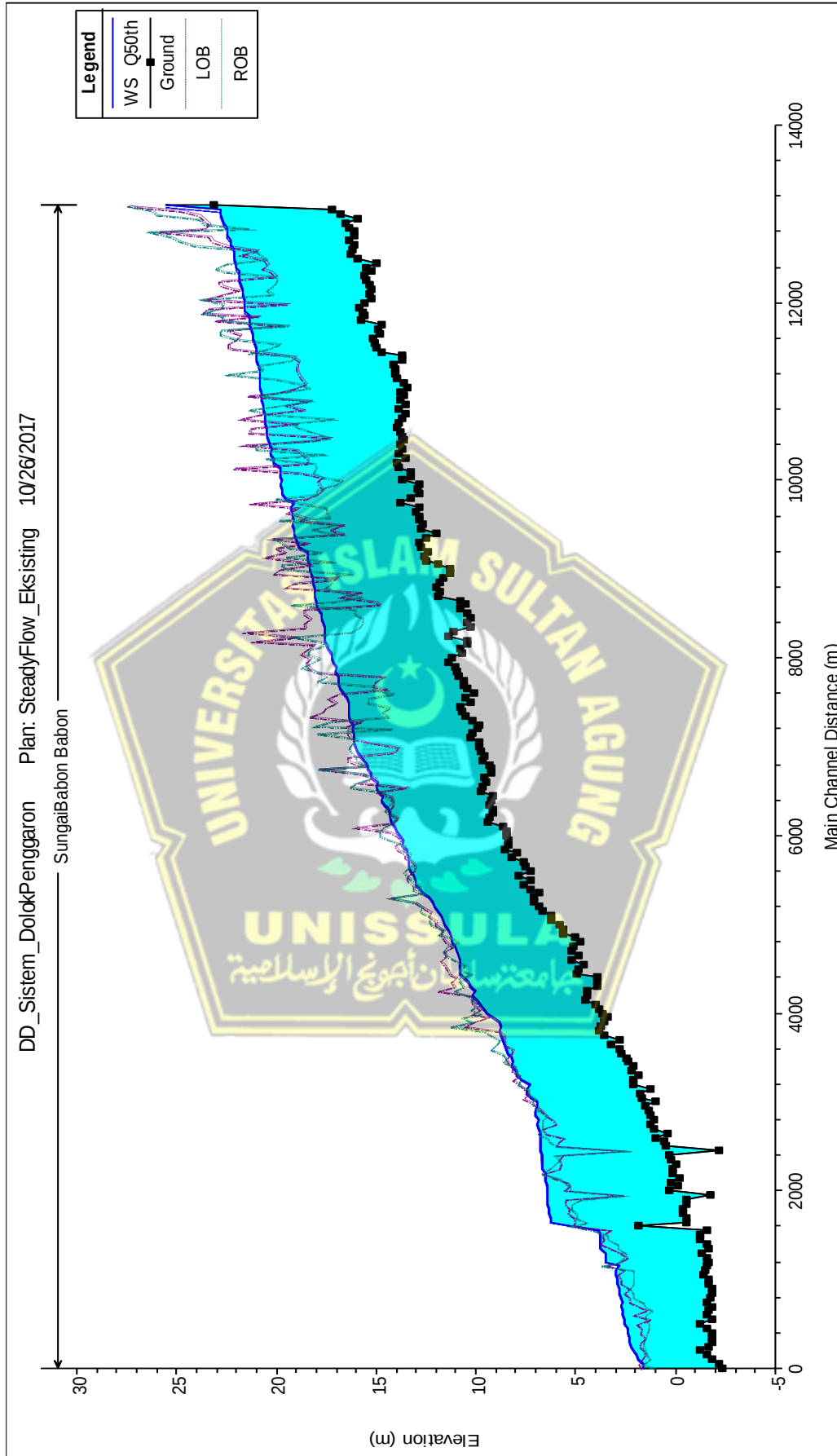


Gambar 5.13 Peta Situasi Sungai Babon BBN 161+42 s/d PG.0
(Sumber : Dokumen Balai Besar Wilayah Sungai Semarang, 2017)



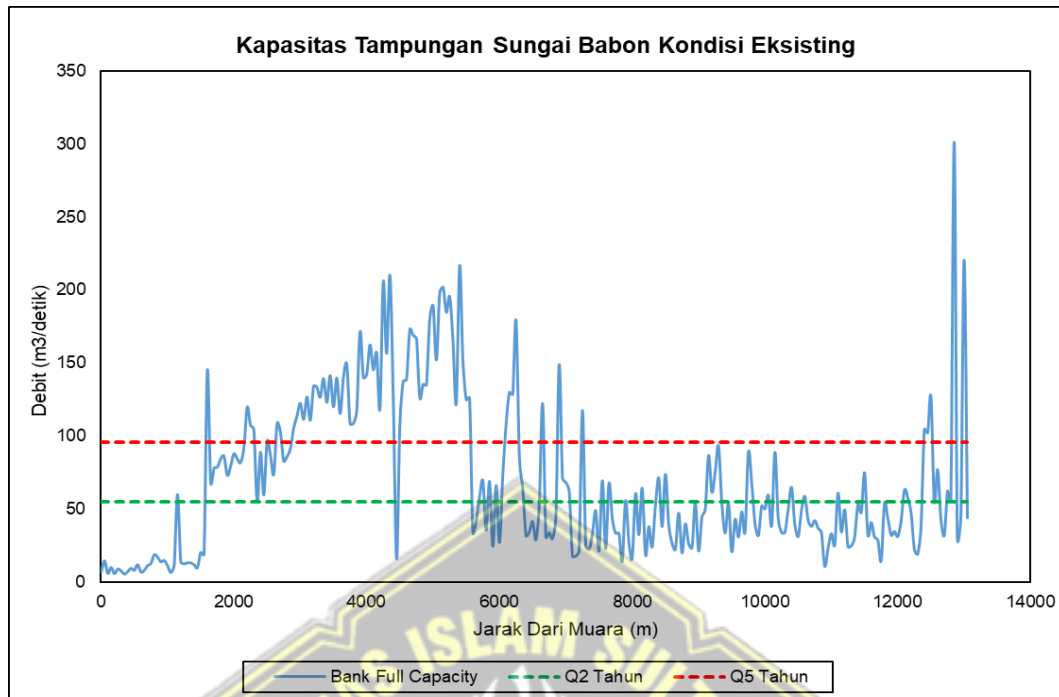
Gambar 5.14 Hasil *Output HEC-RAS* Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun Pada Cross Section BBN 161+73
(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)





Gambar 5.15 Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 50 Tahun

(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)



Gambar 5.16 Kapasitas Tampungan Eksisting Sungai Babon
(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)

Hasil analisis kapasitas tampungan pada Sungai Babon hanya mampu menampung debit sebesar rerata di hilir sebesar 26 m³/detik, dibagian tengah sebesar 91,54 m³/detik serta dibagian hilir sebesar 75,3 m³/detik. Berdasarkan hasil evaluasi dapat diketahui bahwa terjadi penyempitan alur di daerah peralihan antara ruas tengah sungai ke hilir. Adapun daerah-daerah yang mengalami limpasan akan disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Simulasi Hidrolika Sungai Babon Kondisi Eksisting

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
1	BBN.0	0	0	-2.31	0.17	0.17	0.07	Limpas	Limpas
2	BBN.1	0	0	-2.20	1.60	0.99	0.6	Limpas	Limpas
3	BBN.2	50	50	-1.84	1.65	0.34	0.41	Limpas	Limpas
4	BBN.3	50	100	-1.58	1.89	0.73	0.84	Limpas	Limpas
5	BBN.4	50	150	-1.22	1.94	0.93	1.08	Limpas	Limpas
6	BBN.5	50	200	-1.62	2.09	0.52	0.53	Limpas	Limpas
7	BBN.6	50	250	-1.80	2.17	0.94	0.97	Limpas	Limpas

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
8	BBN.7	50	300	-1.81	2.28	0.72	0.82	Limpas	Limpas
9	BBN.8	50	350	-1.80	2.30	0.74	0.92	Limpas	Limpas
10	BBN.9	50	400	-1.53	2.40	0.83	0.86	Limpas	Limpas
11	BBN.10	50	450	-1.25	2.40	0.86	1.12	Limpas	Limpas
12	BBN.11	50	500	-1.86	2.53	0.71	0.94	Limpas	Limpas
13	BBN.12	50	550	-1.53	2.51	0.94	0.89	Limpas	Limpas
14	BBN.13	50	600	-1.63	2.61	0.5	0.45	Limpas	Limpas
15	BBN.13+64	50	650	-1.78	2.63	0.91	0.39	Limpas	Limpas
16	BBN.14	50	700	-1.61	2.69	0.93	0.84	Limpas	Limpas
17	BBN.15	50	750	-1.77	2.67	0.82	0.84	Limpas	Limpas
18	BBN.16	50	800	-1.81	2.73	0.86	0.96	Limpas	Limpas
19	BBN.17	50	850	-1.80	2.81	0.93	0.5	Limpas	Limpas
20	BBN.18	50	900	-1.67	2.83	1	0.68	Limpas	Limpas
21	BBN.19	50	950	-1.69	2.87	0.96	1.14	Limpas	Limpas
22	BBN.20	50	1000	-1.40	2.86	0.73	0.49	Limpas	Limpas
23	BBN.21	50	1050	-1.47	2.96	0.64	0.86	Limpas	Limpas
24	BBN.JBT PANTURA	50	1100	-1.59	2.94	1.45	1.63	Limpas	Limpas
25	BBN.22	50	1150	-1.62	2.82	0.63	0.59	Limpas	Limpas
26	BBN.23	50	1200	-1.53	3.46	0.55	0.71	Limpas	Limpas
27	BBN.24	50	1250	-1.35	3.51	0.95	0.63	Limpas	Limpas
28	BBN.25	50	1300	-1.67	3.53	0.56	0.96	Limpas	Limpas
29	BBN.26	50	1350	-1.53	3.72	0.34	0.78	Limpas	Limpas
30	BBN.27	50	1400	-1.25	3.73	0.45	0.88	Limpas	Limpas
31	BBN.28	50	1450	-1.24	3.74	0.85	1.46	Limpas	Limpas
32	BBN.29	50	1500	-1.58	3.76	0.42	1.1	Limpas	Limpas
33	BBN.29+83	50	1550	1.83	3.84	5.04	5.25	-	-
34	BBN.30	50	1600	-0.57	5.36	4.96	4.31	Limpas	Limpas
35	BBN.31	50	1650	-0.51	6.26	4.99	4.72	Limpas	Limpas
36	BBN.32	50	1700	-0.41	6.28	5.31	4.69	Limpas	Limpas
37	BBN.33	50	1750	-0.34	6.36	5.21	5.02	Limpas	Limpas
38	BBN.34	50	1800	-0.54	6.36	5.43	5.03	Limpas	Limpas
39	BBN.35	50	1850	-0.51	6.40	5.38	4.63	Limpas	Limpas
40	BBN.36	50	1900	-1.78	6.40	5.61	4.89	Limpas	Limpas
41	BBN.37	50	1950	0.36	6.44	5.43	5.15	Limpas	Limpas
42	BBN.38	50	2000	-0.15	6.37	5.22	4.95	Limpas	Limpas
43	BBN.39	50	2050	0.22	6.43	5.27	5.15	Limpas	Limpas
44	BBN.40	50	2100	-0.16	6.52	6.02	5.64	Limpas	Limpas
45	BBN.40+51	50	2150	0.16	6.52	5.41	6.65	Limpas	-
46	BBN.41	50	2200	0.14	6.48	4.12	4.37	Limpas	Limpas
47	BBN.42	50	2250	0.01	6.67	4.34	4.22	Limpas	Limpas
48	BBN.43	50	2300	0.24	6.67	4.91	4.52	Limpas	Limpas
49	BBN.44	50	2350	0.33	6.68	4.39	4.84	Limpas	Limpas
50	BBN.45	50	2400	-2.13	6.70	3.36	3.17	Limpas	Limpas
51	BBN.46	50	2450	0.52	6.74	4.29	5.19	Limpas	Limpas
52	BBN.47	50	2500	0.56	6.74	4.68	4.83	Limpas	Limpas
53	BBN.48	50	2550	0.99	6.75	5.45	5.03	Limpas	Limpas
54	BBN.48+94	50	2600	0.37	6.72	5.98	5.26	Limpas	Limpas
55	BBN.50	50	2650	1.07	6.78	4.22	4.88	Limpas	Limpas
56	BBN.51	50	2700	1.27	6.86	5.87	5.53	Limpas	Limpas
57	BBN.52	50	2750	1.09	6.92	4.16	4.89	Limpas	Limpas

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
58	BBN.53	50	2800	1.27	6.85	3.94	4.94	Limpas	Limpas
59	BBN.54	50	2850	1.32	7.00	4.37	5.89	Limpas	Limpas
60	BBN.55	50	2900	1.48	7.01	4.58	6.41	Limpas	Limpas
61	BBN.55+72	50	2950	1.00	6.92	5.9	5.59	Limpas	Limpas
62	BBN.56	50	3000	1.66	6.96	5.43	5.41	Limpas	Limpas
63	BBN.57	50	3050	1.79	7.18	5.06	5.53	Limpas	Limpas
64	BBN.58	50	3100	1.24	7.45	6.39	5.62	Limpas	Limpas
65	BBN.58+80	50	3150	2.09	7.45	6.56	6.56	Limpas	Limpas
66	BBN.60	50	3200	2.14	7.26	5.16	5.87	Limpas	Limpas
67	BBN.61	50	3250	1.85	7.71	5.17	5.46	Limpas	Limpas
68	BBN.61+42	50	3300	2.22	7.99	6.15	6.38	Limpas	Limpas
69	BBN.62	50	3350	2.13	7.99	5.2	5.72	Limpas	Limpas
70	BBN.63	50	3400	2.36	8.21	5.61	5.73	Limpas	Limpas
71	BBN.64	50	3450	2.48	8.10	6.47	4.98	Limpas	Limpas
72	BBN.65	50	3500	2.75	8.25	5.96	6.02	Limpas	Limpas
73	BBN.66	50	3550	2.83	8.40	6.68	6.1	Limpas	Limpas
74	BBN.67	50	3600	3.21	8.48	7.05	6.51	Limpas	Limpas
75	BBN.68	50	3650	2.82	8.54	6.75	6.57	Limpas	Limpas
76	BBN.69	50	3700	3.54	8.68	7.39	7.56	Limpas	Limpas
77	BBN.70	50	3750	3.83	8.77	8.75	8.18	Limpas	Limpas
78	BBN.70+80	50	3800	3.76	8.80	8.23	8.23	Limpas	Limpas
79	BBN.72	50	3850	3.56	8.73	7.84	8.51	Limpas	Limpas
80	BBN.73	50	3900	3.40	8.82	8.1	8.94	Limpas	-
81	BBN.74	50	3950	3.67	9.14	8.5	8.16	Limpas	Limpas
82	BBN.74+50	50	4000	3.86	9.39	8.34	7.56	Limpas	Limpas
83	BBN.75	50	4050	3.97	9.60	8.5	7.99	Limpas	Limpas
84	BBN.75+22	50	4100	4.49	9.74	8.25	8.48	Limpas	Limpas
85	BBN.76	50	4150	4.45	9.91	7.65	8.1	Limpas	Limpas
86	BBN.76+67	50	4200	4.41	10.22	10.32	10.32	-	-
87	BBN.77	50	4250	3.92	10.04	7.38	7.82	Limpas	Limpas
88	BBN.78	50	4300	3.93	10.29	8.78	8.2	Limpas	Limpas
89	BBN.78+23	50	4350	3.92	10.38	8.82	7.82	Limpas	Limpas
90	BBN.78+23A	50	4400	4.97	10.60	7.53	7.51	Limpas	Limpas
91	BBN.78+23B	50	4450	4.83	10.78	8.4	8.52	Limpas	Limpas
92	BBN.79	50	4500	4.62	10.78	8.51	8.72	Limpas	Limpas
93	BBN.79+50	50	4550	5.17	10.83	8.82	8.4	Limpas	Limpas
94	BBN.80	50	4600	4.87	10.82	8.69	8.46	Limpas	Limpas
95	BBN.81	50	4650	5.23	10.86	8.85	9.13	Limpas	Limpas
96	BBN.82	50	4700	5.12	11.00	9.38	9.95	Limpas	Limpas
97	BBN.82+25	50	4750	4.80	11.06	8.67	9.28	Limpas	Limpas
98	BBN.82+50	50	4800	5.02	11.23	9.83	9.37	Limpas	Limpas
99	BBN.83	50	4850	5.67	11.21	9.24	9.15	Limpas	Limpas
100	BBN.84	50	4900	5.60	11.28	9.29	9.56	Limpas	Limpas
101	BBN.84+84	50	4950	5.83	11.34	8.86	9.68	Limpas	Limpas
102	BBN.85+84	50	5000	6.22	11.53	9.48	9.98	Limpas	Limpas
103	BBN.86	50	5050	6.20	11.63	9.38	10.08	Limpas	Limpas
104	BBN.87	50	5100	6.71	11.69	9.61	10.16	Limpas	Limpas
105	BBN.88	50	5150	6.84	11.89	10.12	10.94	Limpas	Limpas
106	BBN.89	50	5200	7.08	12.08	9.96	10.68	Limpas	Limpas
107	BBN.90	50	5250	7.12	12.19	14.18	14.18	-	-
108	BBN.91	50	5300	6.80	12.32	12.61	12.53	-	-

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
109	BBN.92	50	5350	7.23	12.66	10.78	10.79	Limpas	Limpas
110	BBN.93	50	5400	7.64	12.75	10.77	10.81	Limpas	Limpas
111	BBN.93+14	50	5450	7.24	12.99	11.29	11.54	Limpas	Limpas
112	BBN.94	50	5500	7.86	13.02	11.36	11.27	Limpas	Limpas
113	BBN.95	50	5550	7.31	13.12	10.52	10.21	Limpas	Limpas
114	BBN.96	50	5600	7.51	13.28	9.85	10.43	Limpas	Limpas
115	BBN.97	50	5650	7.63	13.36	10.63	10.56	Limpas	Limpas
116	BBN.97+50	50	5700	8.19	13.35	11.11	11.05	Limpas	Limpas
117	BBN.98	50	5750	7.93	13.33	10.85	11.39	Limpas	Limpas
118	BBN.99	50	5800	8.55	13.42	11.17	11.99	Limpas	Limpas
119	BBN.100	50	5850	8.42	13.44	10.55	10.79	Limpas	Limpas
120	BBN.101	50	5900	8.42	13.68	11.09	11.4	Limpas	Limpas
121	BBN.102	50	5950	8.43	13.66	10.93	11.27	Limpas	Limpas
122	BBN.103	50	6000	8.48	13.78	11.57	11.36	Limpas	Limpas
123	BBN.104	50	6050	8.61	13.98	11.67	12.07	Limpas	Limpas
124	BBN.105	50	6100	9.40	14.07	11.9	11.76	Limpas	Limpas
125	BBN.105+50	50	6150	9.30	14.19	11.67	11.62	Limpas	Limpas
126	BBN.106+23	50	6200	9.17	14.34	11.39	12.21	Limpas	Limpas
127	BBN.106+80	50	6250	9.15	14.31	11.5	12.33	Limpas	Limpas
128	BBN.107+50	50	6300	9.29	14.41	12.1	11.93	Limpas	Limpas
129	BBN.108+50	50	6350	9.28	14.57	12.54	12.43	Limpas	Limpas
130	BBN.108+70	50	6400	9.20	14.69	12.13	12.72	Limpas	Limpas
131	BBN.109+50	50	6450	9.77	14.65	12.89	13.04	Limpas	Limpas
132	BBN.110	50	6500	9.65	14.91	13.35	13.95	Limpas	Limpas
133	BBN.111	50	6550	9.47	14.97	13.62	13.1	Limpas	Limpas
134	BBN.112	50	6600	9.55	14.94	12.64	13.32	Limpas	Limpas
135	BBN.112+30	50	6650	9.25	15.22	12.61	13.5	Limpas	Limpas
136	BBN.113	50	6700	9.25	15.28	13.78	13.55	Limpas	Limpas
137	BBN.113+50	50	6750	9.32	15.39	13.97	14.01	Limpas	Limpas
138	BBN.114	50	6800	9.66	15.46	12.62	12.95	Limpas	Limpas
139	BBN.114+46	50	6850	9.58	15.55	13.15	13.65	Limpas	Limpas
140	BBN.115	50	6900	9.79	15.72	13.61	14.07	Limpas	Limpas
141	BBN.115+50	50	6950	9.88	15.90	12.9	14.09	Limpas	Limpas
142	BBN.116	50	7000	9.87	16.01	12.83	13.07	Limpas	Limpas
143	BBN.116+50	50	7050	10.29	16.07	13.04	14.12	Limpas	Limpas
144	BBN.117	50	7100	10.18	16.11	13.47	13.74	Limpas	Limpas
145	BBN.117+20	50	7150	9.93	16.11	13.59	13.48	Limpas	Limpas
146	BBN.117+50	50	7200	9.82	16.16	14.02	13.95	Limpas	Limpas
147	BBN.118	50	7250	10.20	16.11	14.14	14.73	Limpas	Limpas
148	BBN.118+30	50	7300	10.56	16.23	13.11	12.96	Limpas	Limpas
149	BBN.118+50	50	7350	10.66	16.34	13.4	13.18	Limpas	Limpas
150	BBN.118+68	50	7400	10.76	16.35	13.8	13.19	Limpas	Limpas
151	BBN.119	50	7450	10.27	16.38	12.96	13.67	Limpas	Limpas
152	BBN.119+26	50	7500	10.53	16.39	13.01	14.32	Limpas	Limpas
153	BBN.119+50	50	7550	10.14	16.49	14.02	14.03	Limpas	Limpas
154	BBN.120	50	7600	10.41	16.62	13.5	15.07	Limpas	Limpas
155	BM	50	7650	10.58	16.80	13.51	15.05	Limpas	Limpas
156	BBN.120+50	50	7700	10.65	16.84	14.85	17.94	Limpas	-
157	BBN.120+80	50	7750	10.84	16.85	13.36	13.69	Limpas	Limpas
158	BBN.121	50	7800	10.92	16.92	13.59	13.28	Limpas	Limpas
159	BBN.121+30	50	7850	11.01	17.02	15.41	14.73	Limpas	Limpas

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
160	BBN.121+50	50	7900	11.42	16.93	15.32	14.62	Limpas	Limpas
161	BBN.122	50	7950	11.24	17.15	14.17	14.57	Limpas	Limpas
162	BBN.122+50	50	8000	10.66	17.24	14.83	13.66	Limpas	Limpas
163	BBN.123	50	8050	10.81	17.19	14.67	13.89	Limpas	Limpas
164	BBN.123+50	50	8100	10.42	17.40	14.65	14.78	Limpas	Limpas
165	BBN.123+65	50	8150	10.45	17.48	14.58	17.73	Limpas	-
166	BBN.124	50	8200	11.39	17.55	15.54	15.05	Limpas	Limpas
167	BBN.124+50	50	8250	11.15	17.56	16.16	14.84	Limpas	Limpas
168	BBN.125	50	8300	10.31	17.59	13.52	15.51	Limpas	Limpas
169	BBN.125+50	50	8350	10.44	17.59	16.68	14.6	Limpas	Limpas
170	BBN.126	50	8400	10.26	17.65	14.97	15.61	Limpas	Limpas
171	BBN.126+50	50	8450	10.48	17.72	14.82	14.96	Limpas	Limpas
172	BBN.127	50	8500	10.76	17.76	14.57	15.27	Limpas	Limpas
173	BBN.127+35	50	8550	10.54	17.94	14.39	15.85	Limpas	Limpas
174	BBN.127+50	50	8600	10.80	18.01	14.8	15.94	Limpas	Limpas
175	BBN.128	50	8650	11.86	18.03	14.3	15.65	Limpas	Limpas
176	BBN.128+50	50	8700	11.85	18.04	15.16	15.49	Limpas	Limpas
177	BBN.128+64	50	8750	11.96	18.08	15.04	15.68	Limpas	Limpas
178	BBN.129	50	8800	11.82	18.03	15.27	15.11	Limpas	Limpas
179	BBN.129+50	50	8850	11.63	18.15	16.89	15.86	Limpas	Limpas
180	BBN.130	50	8900	11.26	18.16	16.51	16	Limpas	Limpas
181	BBN.130+50	50	8950	11.26	18.25	15.26	14.81	Limpas	Limpas
182	BBN.131	50	9000	11.93	18.32	15.33	16.05	Limpas	Limpas
183	BBN.131+50	50	9050	12.50	18.32	15.02	16.86	Limpas	Limpas
184	BBN.132	50	9100	12.63	18.45	16.14	17.69	Limpas	Limpas
185	BBN.132+50	50	9150	12.38	18.44	15.93	17.43	Limpas	Limpas
186	BBN.133	50	9200	12.78	18.43	17.26	18.77	Limpas	-
187	BBN.133+50	50	9250	12.89	18.81	16.41	17.43	Limpas	Limpas
188	BBN.133+83	50	9300	12.50	18.89	17.02	17.13	Limpas	Limpas
189	BBN.134	50	9350	12.02	18.99	15.49	15.92	Limpas	Limpas
190	BBN.134+50	50	9400	12.75	19.13	19.22	18.04	-	Limpas
191	BBN.135	50	9450	12.68	19.11	17.24	16.06	Limpas	Limpas
192	BBN.135+50	50	9500	12.86	19.16	16.15	16.56	Limpas	Limpas
193	BBN.135+80	50	9550	12.86	19.12	15.52	17.09	Limpas	Limpas
194	BBN.136	50	9600	13.05	19.22	17.29	17.08	Limpas	Limpas
195	BBN.136+50	50	9650	12.83	19.18	17.93	18.55	Limpas	Limpas
196	BBN.136+80	50	9700	13.77	19.30	16.18	16.53	Limpas	Limpas
197	BBN.137	50	9750	13.29	19.15	16.45	16.61	Limpas	Limpas
198	BBN.137+86	50	9800	12.87	19.49	18.43	17.57	Limpas	Limpas
199	BBN.138	50	9850	12.94	19.67	17.46	17.67	Limpas	Limpas
200	BBN.138+50	50	9900	12.88	19.71	17.55	17.9	Limpas	Limpas
201	BBN.139	50	9950	13.72	19.76	15.88	16.34	Limpas	Limpas
202	BBN.139+50	50	10000	13.30	19.67	16.28	16.65	Limpas	Limpas
203	BBN.140	50	10050	13.26	19.83	17.6	17.46	Limpas	Limpas
204	BBN.140+50	50	10100	13.90	19.81	18.28	17.53	Limpas	Limpas
205	BBN.141	50	10150	13.92	19.76	22.04	17.93	-	Limpas
206	BBN.141+50	50	10200	13.52	20.16	17.56	17.27	Limpas	Limpas
207	BBN.141+80	50	10250	13.91	20.15	17.62	17.83	Limpas	Limpas
208	BBN.142	50	10300	13.73	20.27	17.45	17.68	Limpas	Limpas
209	BBN.142+50	50	10350	13.74	20.25	17.6	17.06	Limpas	Limpas
210	BBN.143	50	10400	13.65	20.29	17.14	18.35	Limpas	Limpas

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
211	BBN.143+50	50	10450	13.71	20.42	16.7	16.95	Limpas	Limpas
212	BBN.144	50	10500	13.80	20.45	17.13	17.39	Limpas	Limpas
213	BBN.144+25	50	10550	13.95	20.46	21.26	17.92	-	Limpas
214	BBN.144+50	50	10600	13.85	20.47	18.12	17.7	Limpas	Limpas
215	BBN.145+02	50	10650	13.73	20.58	16.11	16.65	Limpas	Limpas
216	BBN.145+50	50	10700	13.52	20.57	17.29	17.44	Limpas	Limpas
217	BBN.146	50	10750	13.87	20.59	17.38	20.51	Limpas	Limpas
218	BBN.146+50	50	10800	13.54	20.66	17.48	18.12	Limpas	Limpas
219	BBN.147	50	10850	13.76	20.69	16.77	16.64	Limpas	Limpas
220	BBN.147+25	50	10900	13.64	20.74	16.19	15.87	Limpas	Limpas
221	BBN.147+50	50	10950	13.81	20.73	17.73	18.88	Limpas	Limpas
222	BBN.147+82	50	11000	13.45	20.75	17.54	17.89	Limpas	Limpas
223	BBN.148	50	11050	13.64	20.80	16.74	17.45	Limpas	Limpas
224	BBN.148+50	50	11100	13.94	20.79	16.94	17.4	Limpas	Limpas
225	BBN.149	50	11150	14.07	20.81	17.78	18.4	Limpas	Limpas
226	BBN.149+32	50	11200	14.07	20.79	18.74	18.68	Limpas	Limpas
227	BBN.149+50	50	11250	14.13	20.84	17.41	18.49	Limpas	Limpas
228	BBN.150	50	11300	13.74	20.92	18.16	17.77	Limpas	Limpas
229	BBN.150+25	50	11350	13.70	20.98	17.41	17.65	Limpas	Limpas
230	BBN.150+50	50	11400	14.77	20.98	17.18	18.46	Limpas	Limpas
231	BBN.151	50	11450	15.01	20.98	19.13	18.38	Limpas	Limpas
232	BBN.151+50	50	11500	15.07	21.03	17.44	17.92	Limpas	Limpas
233	BBN.152	50	11550	15.20	21.11	17.4	19.4	Limpas	Limpas
234	BBN.152+50	50	11600	14.82	21.15	18.34	17.68	Limpas	Limpas
235	BBN.152+69	50	11650	14.89	21.20	18.85	19.57	Limpas	Limpas
236	BBN.153	50	11700	14.75	21.21	19.23	18.54	Limpas	Limpas
237	BBN.153+50	50	11750	15.78	21.31	19.61	18.95	Limpas	Limpas
238	BBN.154	50	11800	15.57	21.34	19.91	19.94	Limpas	Limpas
239	BBN.154+16	50	11850	15.64	21.33	19.77	22.48	Limpas	-
240	BBN.154+50	50	11900	15.81	21.55	18.84	19.17	Limpas	Limpas
241	BBN.155	50	11950	15.56	21.57	19.64	20.59	Limpas	Limpas
242	BBN.155+50	50	12000	15.25	21.61	18.96	18.71	Limpas	Limpas
243	BBN.155+75	50	12050	15.36	21.59	18.26	17.93	Limpas	Limpas
244	BBN.156	50	12100	15.25	21.68	20.27	20.19	Limpas	Limpas
245	BBN.156+50	50	12150	15.36	21.72	18.32	18.64	Limpas	Limpas
246	BBN.157	50	12200	15.50	21.79	19.12	20.04	Limpas	Limpas
247	BBN.157+15	50	12250	15.58	21.83	20.17	22.04	Limpas	-
248	BBN.157+50	50	12300	15.28	21.89	20.13	20.58	Limpas	Limpas
249	BBN.158	50	12350	15.48	21.85	20.3	19.31	Limpas	Limpas
250	BBN.158+17	50	12400	14.97	21.99	20.45	19.27	Limpas	Limpas
251	BBN.158+50	50	12450	15.96	22.00	20.21	19.81	Limpas	Limpas
252	BBN.159	50	12500	16.23	22.07	20.07	19.53	Limpas	Limpas
253	BBN.159+50	50	12550	16.19	22.10	19.8	20.05	Limpas	Limpas
254	BBN.159+75	50	12600	16.08	22.08	20.8	20.47	Limpas	Limpas
255	BBN.160	50	12650	16.40	22.24	21.1	20.43	Limpas	Limpas
256	BBN.160+50	50	12700	16.07	22.28	24.18	24.72	-	-
257	BBN.161	50	12750	16.10	22.43	22.19	21.19	Limpas	Limpas
258	BBN.161+42	50	12800	16.32	22.49	19.45	20.59	Limpas	Limpas
259	BBN.161+42 A	50	12850	16.50	22.47	20.83	21.19	Limpas	Limpas
260	BBN.161+50	50	12900	15.90	22.61	20.43	20.72	Limpas	Limpas

No	Cross	Jarak		Elev. Dasar	MAB Q ₅₀ Tahun	ROB	LOB	Keterangan	
								ROB	LOB
261	BBN.161+73	50	12950	16.83	22.72	24.72	24.52	-	-
262	BBN.162	50	13000	17.21	22.76	25.34	25.3	-	-
263	BBN.162+50	50	13050	23.17	22.80	27.3	27.26	-	-
264	BBN.163	50	13100	29.13	25.56	28.08	26.01	-	-
265	BBN.163+11	50	13150	29.13	25.56	28.86	24.76	-	Limpas
266	BBN.163+22	50	13200	29.13	25.56	29.64	23.51	-	Limpas

(Sumber : Hasil Perhitungan *HEC-RAS*, 2021)



BAB VI

PENUTUP

2.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Dalam perhitungan debit banjir rencana Metode Haspers didapat Q_{20th} total $\approx Q_{50th}$ Metode Rasional yaitu $226,3 \text{ m}^3/\text{dt}$. Jumlah tersebut merupakan debit banjir rencana yang dapat diterima Kali Babon.
2. Pada daerah aliran Kali Babon bila terjadi hujan dengan periode ulang $Q_{20th} = 226,3 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan kondisi eksisting yang ada, kapasitas sungai di daerah peralihan antara ruas tengah sungai ke hilir tidak mampu menampung debit banjir rencana disebabkan karena terjadinya penyempitan alur.

6.2 Saran

Agar saluran penampang Kali Babon mampu menampung debit maksimum, maka yang perlu dilakukan oleh masyarakat adalah :

1. Segera dilakukan normalisasi agar daya tampung sungai mampu menampung debit dengan aliran sungai Q_{50} .
2. Pemeliharaan secara berkala terhadap Kali Babon dengan cara melakukan pengerukan untuk mengangkat lumpur ataupun sampah yang mengganggu laju aliran sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, A. Z. (n.d.). *Kajian Hidrolik Aliran Sungai Pada Dua (2) Belokan Menggunakan Program Hec-Ras Versi 4.1. 2*, 1–14.
- Astuti, A. F., & Sudarsono, H. (2018). Analisis Penanggulangan Banjir Sungai Kanci. *Jurnal Konstruksi*, VII(3), 164.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 2415:2016 - Tata cara perhitungan debit banjir rencana*.
- Fauzi, M., Rinaldi, & Handayani, F. Y. (2012). *Pemilihan distribusi frekuensi hujan harian maksimum tahunan pada wilayah sungai akuaman provinsi sumatera barat*. 11(1), 18–24.
- Munfarid, Sisingih, D., & Priyantoro, D. (n.d.). *Studi penanggulangan banjir sungai serang welahan drainase (swd) 2 di kabupaten kudas dan jepara provinsi jawa tengah*.
- Perdana, B. Y., Panuntun, S. B., Pranoto, S., & Budienny, H. (n.d.). *Perencanaan Perbaikan Sungai Babon*.
- Pitanggi, G. T., Lestari, I. T., Darsono, S., & Salamun. (2017). Normalisasi Sungai Dolok Semarang – Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6, 367–376. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>
- Rahardja, U., Harahap, E. P., & Pratiwi, S. (2018). Pemanfaatan Mailchimp Sebagai Trend Penyebaran Informasi. *Technomedia Journal*, 2(2), 41–54. https://www.researchgate.net/publication/308917026_Prototipe_Perangkat_Lunak_Sistem_Kendali_Peralatan_Elektronik_Berbasis_Komputer
- Seyhan, E. (1990). *Dasar-dasar Hidrologi*. 1–371.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1)*.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1976). *Hidrologi Untuk Pengairan*.
- Suryaman, H., & Kusnan, H. (2013). Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo. *Evaluasi Sistem Drainase Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo*, 2, 0–07.
- Syahputra, I. (2015). Kajian Hidrologi Dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Krueng Langsa Berbasis Hec-Hms Dan Hec-Ras. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 15–28. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v1i1.2>