

TUGAS AKHIR
ANALISIS TEKNIS BANGUNAN GROUND SILL
SUNGAI KUMISIK DI HILIR BENDUNG CAWITALI
KABUPATEN TEGAL

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Veri Anggara Saputra

30202000260

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS BANGUNAN GROUND SILL
SUNGAI KUMISIK DI HILIR BENDUNG CAWITALI
KABUPATEN TEGAL

FOTO
LAKI-LAKI
BERWARNA
A LATAR
BIRU
ukuran 3 x 4
mengenakan

Veri Anggara Saputra
NIM : 30202000260

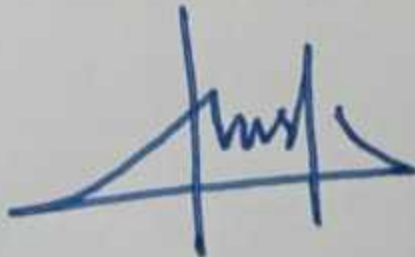
Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2024

Tim Penguji

1. **Ari Sentani, S.T., M.Sc**
NIDN: 0604028502
2. **Prof. Dr. Ir. S. Imam Wahyudi, DEA**
NIDN: 0613026601
3. **Ir. Moch Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D**
NIDN: 0612106701

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

Usulan Tugas Akhir
ANALISIS TEKNIS BANGUNAN GROUNDSTALL
SUNGAI KUMISIK DI HILIR BENDUNG CAWITALI
KABUPATEN TEGAL

Diajukan oleh :

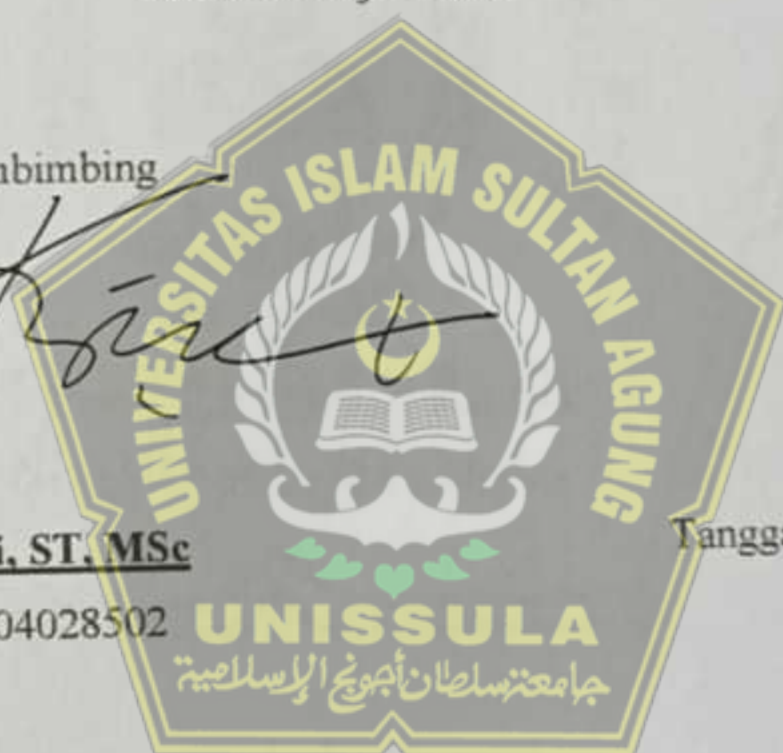
VERI ANGGARA SAPUTRA
NIM : 30202000260

Telah Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

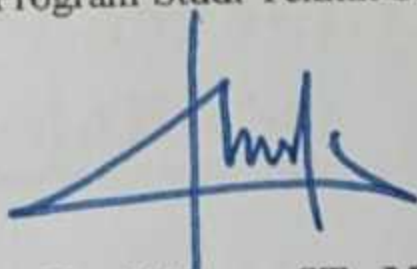


Ari Sentani, ST, MSc
NIDN : 0604028502



Tanggal : 12 Agustus 2024

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 05 / A.2 / SA-T / IV / 2024

Pada hari ini tanggal 18 April 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing :

1. Nama : Ari Sentani, S.T., M.Sc
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing

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

Veri Anggara Saputra
NIM : 30202000260

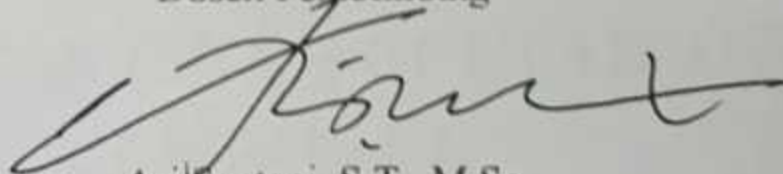
Judul : Analisis Teknis Bangunan Groundsil Di Hilir Bendung Cawitali
Kabupaten Tegal

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	18/04/2024	
2	Seminar Proposal	22/07/2024	ACC
3	Pengumpulan data	23/07/2024	
4	Analisis data	25/07/2024	
5	Penyusunan laporan	02/08/2024	
6	Selesai laporan	09/08/2024	ACC

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

Dosen Pembimbing



Ari Sentani, S.T., M.Sc
NIDN: 0604028502

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng
NIDN : 0625059102

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

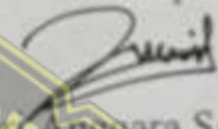
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :
NAMA : VERI ANGGARA SAPUTRA
NIM : 30202000260

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
"ANALISIS TEKNIS BANGUNAN GROUND SILL SUNGAI KUMISIK DI
HILIR BENDUNG CAWITALI KABUPATEN TEGAL"

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.
Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 12 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,


Veri Anggara Saputra
NIM 30202000260



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : VERI ANGGARA SAPUTRA
NIM : 30202000260
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS TEKNIS BANGUNAN GROUND SILL
SUNGAI KUMISIK DI HILIR BENDUNG
CAWITALI KABUPATEN TEGAL

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.



Semarang, 12 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan,

Veri Anggara Saputra
NIM : 30202000260



MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ
الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمْ
الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

"Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik." (Q.S. Ali Imran : 110)

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga." (HR. Muslim, no. 2699)

"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia" (HR. Ahmad)



PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dan akhirnya dengan segala ungkapan terima kasih penulis persembahkan kepada :

1. Ibu Partilah dan Istri Rahmawati yang selalu mendukung, memotivasi, dan mendoakan penulis agar senantiasa diberi kemudahan dan kelancaran,
2. Bapak Puji Hadi Wijoyo selaku penanggung jawab proyek Rehabilitasi Irigasi D.I Kumisik dan teman – teman staff teknik PT. Virama Karya Cabang Semarang yang selalu memberikan dukungan dan semangat penulis agar dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu dan pengarahan dengan sabar sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan ilmu serta arahan yang bermanfaat,
5. Teman-teman mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang, khususnya Kelas Sore angkatan Genap 2020 yang selalu memberikan dukungan dan doanya,
6. Sahabat-sahabat yang tidak pernah berhenti memberi motivasi, semangat dan doa, serta
7. Semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu-persatu yang mana telah membantu penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini

Veri Anggara Saputra
30202000260

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
Usulan Tugas Akhir	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Lokasi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Hujan.....	5
2.2 Sungai	5
2.3 Bendung Tyroll.....	7
2.4 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	11
2.5 Gerusan	12
2.6 Groundsill.....	13
2.7 Analisis Hidrologi.....	15
2.7.1 Hujan Kawasan.....	15
2.7.2 Pengujian Curah Hujan	16
2.7.3 Analisis Frekuensi dan Probabilitas.....	18
2.7.4 Analisis Distribusi Hujan	25
2.8 Aliran Dasar (Baseflow)	29
2.9 Debit Banjir rencana	30

2.9.1 Analisis Gama I	30
2.9.2 Analisis Snyder	32
2.10 Analisis Dimensi Groundsill	33
2.11 Analisis Stabilitas Groundsill.....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1 Data Penelitian	38
3.1.1 Data Primer	38
3.1.2 Data Sekunder	38
3.2 Lokasi Penelitian	39
3.3. Tahapan dan Metode Pengolahan Data.....	39
3.3.1 Analisis Hujan Maksimum.....	39
3.3.2 Pengujian Konsistensi Curah Hujan	39
3.3.4 Pengujian Kecocokan Data.....	39
3.3.5 Analisis Distribusi Hujan	39
3.3.6 Analisis Debit Banjir Rencana	39
3.3.7 Analisis Dimensi Groundsill	42
3.3.8 Analisis Stabilitas Groundsill	42
3.4. Bagan Alir	42
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Analisis Hidrologi	44
4.1.1 Hasil Analisis Hujan Kawasan	44
4.1.2 Hasil Pengujian Curah Hujan Maksimum.....	44
4.1.3 Hasil Analisis Frekuensi dan Probabilitas.....	46
4.2 Hasil Analisis Distribusi Hujan.....	51
4.2.1 Hasil Pengujian Uji Chi-Kuadrat.....	52
4.4 Hasil Analisis Aliran Dasar (Baseflow).....	54
4.5 Hasil Analisis Debit Banjir Rencana	54
4.5.1 Analisis Gama I	54
4.5.2 Analisis Snyder	57
4.6 Analisis Dimensi Groundsill	60
4.7 Hasil Analisis Gaya-Gaya yang Bekerja.....	65
4.8 Hasil Analisis Stabilitas Groundsill.....	67
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

LAMPIRAN	74
1. Dokumentasi Survey Lapangan dan Pengukuran Lebar Bendung	74
2. Data Curah Hujan Stasiun Cawitali	75
3. Data Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana	76
4. Gambar Desain Dimensi Groundsill	84



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}	17
Tabel 2. 2 Faktor Frekuensi Distribusi Normal.....	20
Tabel 2. 3 Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III	22
Tabel 2. 4 Nilai Reduced Mean (Y_n).....	23
Tabel 2. 5 Nilai Standart Reduce Deviation (S_n)	24
Tabel 2. 6 Nilai Reduced Variate	25
Tabel 2. 7 Nilai Kritis Chi-Kuadrat	29
Tabel 2. 8 Koefisien Pengaliran.....	26
Tabel 2. 9 Angka Rembesan Lane dan Bligh.....	37
Tabel 4. 1 Data Pencatatan Hujan Maksimum Stasiun Cawitali.....	44
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan Pengujian konsistensi data hujan	45
Tabel 4. 3 Hasil analisis parameter statistik	46
Tabel 4. 4 Hasil analisis parameter statistik Log.....	48
Tabel 4. 5 Parameter dan Pemilihan Jenis Ditribusi.....	49
Tabel 4. 6 Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III	49
Tabel 4. 7 Tabel Perhitungan Hujan Rencana Efektif	51
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Distribusi Hujan Rencana Efektif.....	51
Tabel 4. 9 Tabel Hasil Uji Chi Kuadrat	53
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Hidrograph Debit.....	55
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Sungai Kumisik Metode Gama I.....	56
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Hidrograph Debit.....	58
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Sungai Kumisik Metode Snyder	59
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Sungai Kumisik Metode Gama I dan Metode Snyder.....	60
Tabel 4. 15 Dimensi Groundsill	63
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Beban Sendiri	65
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Tekanan Air.....	67
Tabel 4. 18 Tabel Hasil Perhitungan Creep Line	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bendung Tyroll.....	8
Gambar 2. 2 Bendung Tetap	9
Gambar 2. 3 Bendung Gerak.....	9
Gambar 2. 4 Bendung Gerak Karet	10
Gambar 2. 5 Pengambilan Bebas.....	11
Gambar 2. 6 Daerah Aliran Sungai.....	12
Gambar 2. 7 Hubungan Gerusan dengan Waktu.....	13
Gambar 2. 8 Groundsill Tipe AMbang Datar	14
Gambar 2. 9 Groundsill Tipe Ambang Pelimpah.....	15
Gambar 2. 10 Sketsa Penetapan WF.....	31
Gambar 2. 11 Sketsa Penetapan RUA.....	31
Gambar 2. 12 Hidrograf Satuan Sinteteik Metode Gama I.....	31
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian (Bendung Cawitali)	40
Gambar 3. 2 Foto Lokasi Rencana Groundsill Hilir Bendung Cawitali	41
Gambar 3. 3 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Penelitian	43
Gambar 4. 1 Kurva Debit Banjir Racangan Metode Gama I (Q50)	56
Gambar 4. 2 Kurva Debit Banjir Racangan Metode Snyder (Q50).....	59
Gambar 4. 3 Dimensi Groundsil.....	64
Gambar 4. 4 Gaya Akibat Beban Sendiri.....	65
Gambar 4. 5 Gaya Akibat Tekanan Air	66
Gambar 4. 6 Panjang Rembesan (Creep Line) Groundsill.....	68

ABSTRAK

Groundsill adalah bangunan yang dibangun melintang sungai yang bertujuan untuk memperlambat laju kecepatan aliran arus sungai dan meningkatkan laju pengendapan sedimen. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa debit rencana, dimensi Groundsill, dan Stabilitas groundsill terhadap geser, guling dan rembesan guna menstabilkan dasar sungai di hilir Bendung Cawitali dari kerusakan.

Tahapan Analisis Teknis Bangunan Groundsill meliputi Analisis Hidrologi menggunakan metode Gama I dan Snyder untuk mendapatkan nilai kala ulang 50 tahun dan Analisis Hidrolika serta Stabilitas Bangunan Groundsil. Untuk pedoman analisis dimensi Groundsil menggunakan KP-06.

Debit banjir rencana yang digunakan untuk perencanaan Dimensi Groundsill adalah metode Gama I kala ulang 50 tahun (Q_{50}) sebesar $138,04 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil dimensi groundsil direncanakan memiliki lebar mercu pelimpah 3 m, tinggi mercu pelimpah 2 m, tebal kolam olak 0,7 m, panjang kolam olak 21,5 m, tinggi subdam 1 m, dan kedalaman pondasi 1,5 m. Kemudian untuk hasil analisis stabilitas pada saat muka air banjir ditinjau terhadap bahaya guling dengan nilai safety factor 2 didapatkan hasil $10,48 > 2$, terhadap bahaya geser dengan nilai safety factor 2 didapatkan hasil $6,89 > 2$, dan terhadap bahaya rembesan dengan angka rembesan (c) yang diambil adalah 2,5 didapatkan hasil $4,732 > 2,5$.

Kata Kunci : *Groundsill, Sedimen, Dasar Sungai, Bendung.*



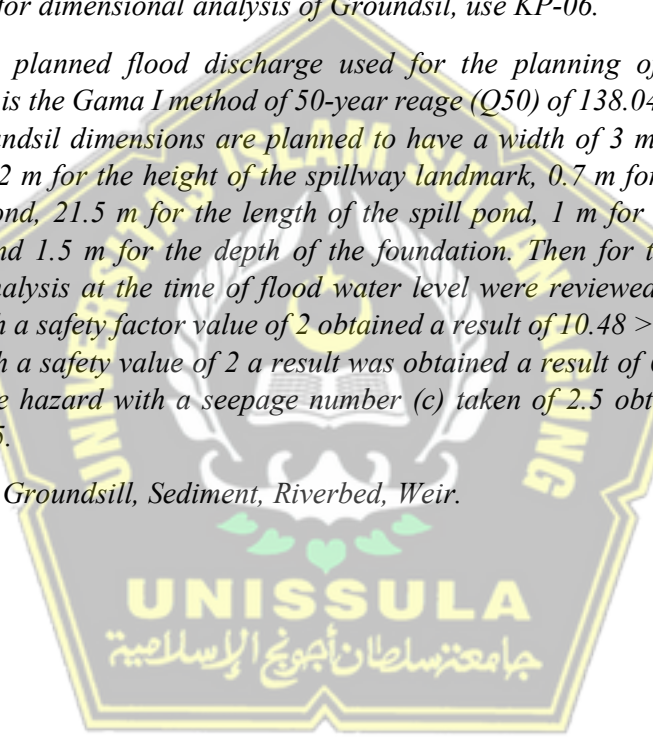
ABSTRACT

Groundsills are buildings built across rivers with the aim of slowing down the speed of river flow and increasing the rate of sediment deposition. The aim of this research is to analyze the planned discharge, groundsill dimensions, and groundsill stability against shear, overturning and seepage in order to stabilize the river bed downstream of Cawitali Dam from damage. Analysis of planned flood discharge using a return period of 50 years using the Gama I and Snyder methods.

Stages of Technical Analysis of Groundsill Buildings include Hydrological Analysis using the Gama I and Snyder methods to obtain a return period value of 50 years and Hydraulic Analysis and Stability of Groundsill Buildings. For guidelines for dimensional analysis of Groundsil, use KP-06.

The planned flood discharge used for the planning of the Groundsill Dimension is the Gama I method of 50-year reage (Q_{50}) of 138.04 m³/s. The results of the groundsil dimensions are planned to have a width of 3 m for the spillway landmark, 2 m for the height of the spillway landmark, 0.7 m for the thickness of the spill pond, 21.5 m for the length of the spill pond, 1 m for the height of the subdam, and 1.5 m for the depth of the foundation. Then for the results of the stability analysis at the time of flood water level were reviewed for the rollover hazard with a safety factor value of 2 obtained a result of $10.48 > 2$, for the sliding hazard with a safety value of 2 a result was obtained a result of $6.89 > 2$, and for the seepage hazard with a seepage number (c) taken of 2.5 obtained a result of $4.732 > 2.5$.

Keywords: *Groundsill, Sediment, Riverbed, Weir.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendung cawitali dibangun pada tahun 1909, berupa bendung tetap dengan konstruksi mercu miring 2:1 yang permukaannya dilapisi dengan pasangan batu kali. Pada tahun 1970, sesuai dengan SK Menteri PUTL Nomor : 95/KPTS/70, tanggal 18 April 1970, pekerjaan rehabilitasi jaringan irigasi Pemali Comal diserahkan pelaksanaannya kepada PROSIDA, sedangkan perencanaan bendung Cawitali dilakukan oleh NEDECO (Netherland Engineering Consultants). Oleh NEDECO, bendung Cawitali dibuat dengan type Tyroll.

Bendung type tyroll yaitu Sebuah bendung rendah pada level dasar sungai dengan saringan horizontal yang terletak pada puncak bendung. Melalui saringan tersebut air dan sedimen halus masuk ke dalam terowongan yang berada di dalam tubuh bendung, kemudian air dialirkan ke pintu pengambilan.

Bendung Cawitali melayani daerah irigasi Kumisik dengan luas areal layanan sebesar 3.940 Ha. Bangunan utama D.I Kumisik terletak di Desa Cawitali, Kecamatan Bumijawa, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Bila ditinjau secara geografis, lokasi bendung Cawitali terletak di $7^{\circ} 07'28''$ LS dan $109^{\circ}05'34''$ BT dengan areal layanan meliputi Kecamatan Bumijawa, Kecamatan Balapulang, Kecamatan Margasari, Kecamatan Pagerbarang dan Kecamatan Jatibarang Kabupaten Tegal.

Sistem irigasi Kumisik terdiri dari 3 input debit sungai yaitu sungai utama Sungai Kumisik serta suplesi eksisting yaitu Sungai Rekot dan Sungai Krupak. Input dari Sungai Kumisik ditangkap oleh bendung Cawitali, input dari sungai Rekot ditangkap oleh Bendung Rekot dan input Sungai Krupak ditangkap oleh Bendung Krupak. Ketiga sungai mempunyai wilayah tangkapan masing-masing yang berbeda-beda. Luas DAS Cawitali adalah 17,14 Km², sedangkan Sungai Rekot mempunyai luas DAS 11,75 Km² dan Sungai Krupak mempunyai luas DAS 2,74 Km². Selain ketiga input sungai tersebut.

Kondisi sungai kumisik sebagian merupakan sungai yang berbatu dengan ukuran sedang hingga besar. Kondisi ini dimanfaatkan oleh sebagian kecil masyarakat untuk melakukan aktivitas penambangan pasir dan batu secara illegal pada hilir bendung cawitali. Hal ini mengakibatkan terjadinya pendangkalan dasar saluran sungai kumisik, sehingga dapat membahayakan keamanan stabilitas bending cawitali.

Berdasarkan uraian kondisi permasalahan di atas maka salahsatu jenis bangunan yang akan digunakan untuk menangani masalah pendangkalan dasar saluran tersebut adalah bangunan Groundsill. Dipilihnya bangunan ini berdasarkan pada kondisi yang telah di uraikan di atas, dimana bangunan Grounsill akan di letakkan pada hilir Bendung Cawitali untuk menjebak sedimen yang kemudian akan diendapkan berupa pasir dan batu kerikil. Hal ini disebabkan bagian hulu sungai merupakan sebuah pegunungan yang menyebabkan tingginya laju sedimen. Sehingga kemudian sedimen yang berasal dari hulu tersebut dapat di endapkan menggunakan Groundsill dan Dasar Sungai hilir Bendung Cawitali dapat dikendalikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat di rumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisa debit banjir rencana periode kala ulang tahunan 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun?
2. Bagaimana analisa dimensi Groundsill yang akan diterapkan pada hilir bendung cawitali?
3. Bagaimana analisa stabilitas Groundsill terhadap gaya guling, gaya geser dan pada rembesan (*pipping*)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian dilakukan pada sungi kumisik tepatnya beberapa meter di hilir bendung cawitali.

2. Data pencatatan hujan yang digunakan berasal dari stasiun cawitali dengan kurun waktu selama 10 tahun (2009 – 2018).
3. Analisa stabilitas Groundsill ditinjau dari factor keamanan terhadap gaya guling, gaya geser dan rembesan (*pipping*).
4. Data Gambar cross Sungai Kumisik menggunakan data yang dimiliki oleh Kementerian PUPR.
5. Penelitian ini tidak menganalisa tentang sedimen.
6. Penelitian ini tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Melakukan analisa Hidrologi untuk menghasilkan data debit banjir rencana.
2. Melakukan analisa Hidrolika untuk menghasilkan data dasar sebagai acuan perancangan dimensi Bangunan Groundsill.
3. Melakukan analisa stabilitas untuk memastikan keamanan Bangunan Groundsill.

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah :

1. Peneliti dapat mengetahui dan melakukan proses analisa hidrologi, analisa dimensi Groundsill dan kontrol terhadap bahaya dari gaya guling, gaya geser dan rembesan (*pipping*).
2. Bagi Mahasiswa, dapat mengetahui manfaat dari bangunan Groundsill terhadap lingkungan.
3. Bagi khalayak umum, dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk penelitian yang akan datang.

1.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Hilir Bendung Cawitali Sungai Kumisik, Desa Cawitali, Kecamatan Bumijawa, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Lokasi detail dan peta, seperti di uraikan pada Bab III.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran yang jelas, maka laporan ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, Keaslian Tugas akhir, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian Tugas Akhir.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi penjelasan tentang Sungai, Bendung, Daerah Aliran Sungai dan Bangunan Groundsill.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang Pengertian umum, Teknik Pengumpulan data, Tahap Persiapan, Perencanaan desain Bangunan Groundsill dan Gambar Desain Bangunan Groundsill.

4. Bab IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang Identifikasi masalah dan Analisa perhitungan Data desain pembangunan Groundsill.

5. Bab V Penutup

Bab ini merupakan penutup laporan penelitian Tugas Akhir yang berisi kesimpulan serta saran penulis tentang penelitian Tugas Akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hujan

Hujan merupakan kumpulan uap air yang jatuh ke bumi dalam bentuk butir-butir air yang sebelumnya telah mengalami peristiwa kondensasi akibat adanya evaporasi dan transpirasi. Sebagian hujan yang jatuh akan terserap ke dalam tanah, sementara bagian lain yang tidak terserap mengalir pada sungai. Hal ini disebut aliran atau limpasan permukaan (Suripin, 2004).

Intensitas hujan merupakan curah hujan yang turun diukur dalam satuan waktu jam-jaman, harian, mingguan, bulanan dan tahunan dimana dinyatakan dengan satuan mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, dan mm/tahun. Pengukuran curah hujan dilakukan oleh stasiun hujan menggunakan alat penakar hujan manual maupun penakar hujan otomatis. Data hujan yang digunakan dalam analisa hidrologi berasal dari stasiun pencatatan curah hujan yang berada di daerah objek penelitian.

2.2 Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut, terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini diakibatkan karena pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam dan gaya tarik aliran airnya cukup besar, setelah itu gaya tariknya menjadi sangat menurun ketika mencapai dataran. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan (Sosrodarsono,1984) dalam Elshinta, (2017).

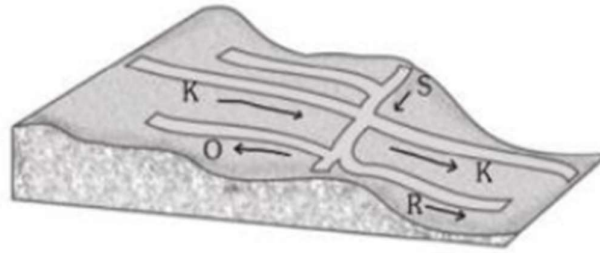
Menurut Wardani, (2018) proses terjadinya sungai adalah air yang berada di permukaan daratan, baik air hujan, mata air, maupun cairan gletser, akan mengalir melalui sebuah saluran menuju tempat yang lebih rendah. Namun, secara proses

alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang dilaluinya. Akibatnya, saluran ini semakin lama semakin lebar dan panjang, dan terbentuklah sungai.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 35 Tahun 1991 Tentang Sungai. Ada bermacam-macam jenis sungai yang ada di Indonesia sungai tersebut dapat dibedakan berdasarkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan sumber air sungai dibedakan menjadi beberapa macam yaitu:
 - a. Sungai yang bersumber dari air hujan atau dari mata air. Sungai jenis ini terdapat di Indonesia. Dikarenakan Indonesia yang beriklim tropis dengan curah hujan tinggi dan banyak sumber mata air.
 - b. Sungai gletser sungai yang sumber airnya bersumber dari lelehan gletser yang mencair dari pegunungan. Sungai jenis ini terdapat di pegunungan.
 - c. Sungai campuran sungai yang sumber airnya dari lelehan gletser, air hujan dan dari sumber mata air yang mengalir dan menjadi satu. Contoh sungai campuran yang ada di Indonesia adalah sungai Digul dan sungai Mamberamo yang berada di Irian Jaya.
2. Alur Sungai dikategorikan menjadi tiga, sebagai berikut:
 - a. Bagian hulu sungai memiliki ciri arus deras, erosi yang besar pada bagian bawah sungai. Dengan demikian hasil erosi tidak hanya sedimen pasir, krikil, atau batu dapat terbawa ke arah hilir.
 - b. Bagian tengah yang merupakan bagian perpindahan dari hulu sungai ke bagian hilir dan memiliki kemiringan dasar sungai yang relatif lebih landai sehingga kekuatan erosinya tidak terlalu besar dan arah erosinya mengarah ke bagian dasar dan samping serta terjadinya pengendapan.
 - c. Bagian hilir yang memiliki bagian kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat, sehingga arusnya tenang, daya erosi akibat aliran kecil dengan arah ke samping dan akan banyak endapan.

3. Berdasarkan arah aliran sungai dibedakan menjadi beberapa macam yaitu:



R = Sungai *Resekuen*
O = Sungai *Obsekuen*

K = Sungai *Konsekuen*
S = Sungai *Subsekuen*

- Sungai konsekuen adalah sungai yang arah alirannya mengikuti arah kemiringan lereng.
- Sungai subsekuen adalah sungai yang arah alirannya tegak lurus dengan sungai konsekuen.
- Sungai obsekuen adalah sungai yang arah alirannya berlawanan dengan sungai konsekuen atau dengan arah berlawanan dari lereng dengan muara sungai berada di sungai subsekuen.
- Sungai resekuen adalah sungai yang arah alirannya sama sejajar dengan arah aliran dari sungai konsekuen.

2.3 Bendung Tyroll

Bendung Tyrol hakekatnya adalah bangunan untuk menyadap air sungai yang dibangun melintang terhadap alur sungai, dimana penyadapan dilakukan dari atas mercu. Pemanfaatan bangunan utama bendung tyrol untuk menghindari bahaya benturan angkutan sedimen batu gelundung. Benturan batu gelundung membawa dampak yang sangat serius terhadap bangunan bendung itu sendiri. Dikarenakan bendung tyrol ini merupakan bendung yang dibangun pada sungai-sungai pegunungan yang memiliki aliran deras.



Gambar 2. 1 Bendung Tyroll

Bendung menurut Direktorat SDA Kementerian PUPR adalah struktur bendungan berkepala rendah (*lowhead dam*), yang berfungsi untuk menaikkan muka air, biasanya terdapat di sungai. Air sungai yang permukaannya dinaikkan akan melimpas melalui puncak / mercu bendung (*overflow*). Bendung dapat digunakan sebagai pengukur kecepatan aliran air di saluran / sungai.

Bendung merupakan bangunan utama dalam irigasi dan memiliki bobot yang tinggi dalam mempengaruhi nilai kinerja sistem irigasi. Dalam melakukan penilaian kinerja sistem irigasi sesuai Peraturan Menteri PUPR Nomor 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi, bendung dibagi menjadi beberapa jenis yakni:

1. Bendung Tetap Adalah bangunan yang dipergunakan untuk meninggikan muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Ditinjau dari bahan yang dipergunakan, maka bendung tetap dapat dibagi menjadi : Bendung tetap permanen (misalnya beronggong dari beton, pasangan batu, beronggong dengan mantel); Bendung tetap semi permanen (misalnya dari Beton, pasangan batu, beronggong dengan mantel); Bendung tetap tidak Permanen (misalnya dari kayu, tumpukan batu).



Gambar 2. 2 Bendung Tetap

2. Bendung Gerak Adalah bangunan yang sebagian besar konstruksinya terdiri dari pintu yang dapat digerakan untuk mengatur ketinggian muka air di sungai.



Gambar 2. 3 Bendung Gerak

3. Bendung Gerak Karet Adalah bendung gerak yang terbuat dari tabung karet yang mengembang sebagai sarana operasi pembendungan air. Dikategorikan bendung gerak karena karet yang digunakan untuk membendung dapat dikembangkan dan dikempiskan tergantung pada

kebutuhan. Bendung gerak karet dilihat dari jenis media pengisi karet terdiri dari dua jenis yakni bendung karet isi udara dan bendung karet isi air.



Gambar 2. 4 Bendung Gerak Karet

4. Pengambilan Bebas Adalah bangunan yang dibuat ditepi sungai yang mengalirkan air sungai ke dalam jaringan irigasi, tanpa mengatur tinggi muka air di sungai. Termasuk sebagai bagian dari pengambilan bebas ialah bangunan pengarah arus. Di tinjau dari bahan yang dipergunakan, maka pengambilan bebas dapat di bagi pula menjadi tiga jenis, yaitu Pengambilan bebas permanen, Pengambilan bebas semi permanen dan Pengambilan bebas tidak permanen.



Gambar 2. 5 Pengambilan Bebas

2.4 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Peraturan Menteri Nomor 28 Tahun 2015, daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Menurut Maryono (2005), DAS dibatasi oleh punggung-punggung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh didaerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik atau stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS.

Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau atau muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai. Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS adalah penting dalam analisis aliran

limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau atau muara ke titik terjauh dari batas DAS. Panjang pusat berat adalah panjang sungai yang diukur sepanjang sungai dari stasiun yang ditinjau sampai titik terdekat dengan titik berat daerah aliran sungai. Pusat berat DAS adalah pusat berat titik perpotongan dari dua atau lebih garis lurus yang membagi DAS menjadi dua DAS yang kira – kira sama besar (Triatmodjo, 2008).



Gambar 2. 6 Daerah Aliran Sungai

2.5 Gerusan

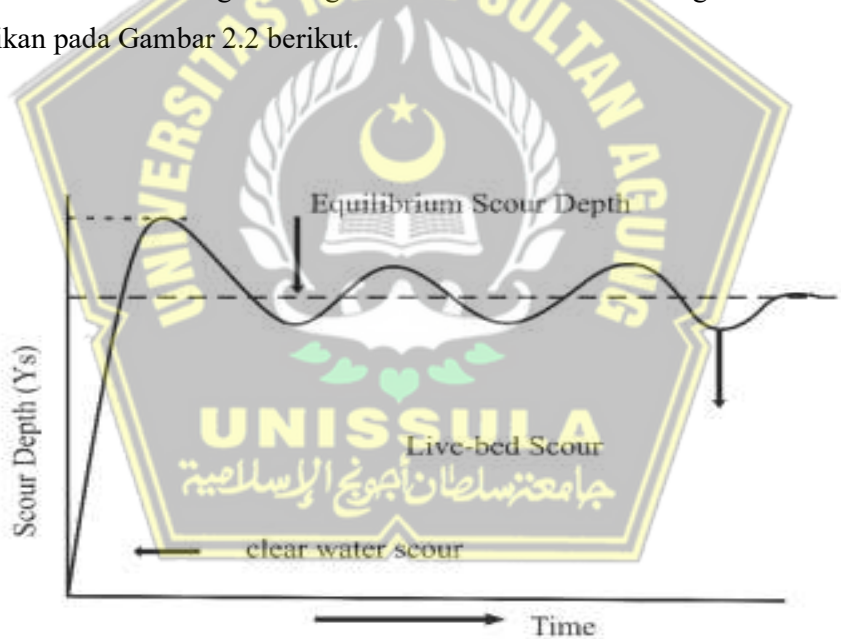
Gerusan adalah transport sedimen, yaitu perpindahan tempat bahan sedimen oleh air yang sedang mengalir dengan pergerakan searah aliran air. Perbedaan morfologi dan sudut belokan sungai mempengaruhi bentuk pola aliran dan selanjutnya berpengaruh terhadap perbedaan besarnya gerusan yang terjadi (Djufri, 2017).

Gerusan merupakan suatu proses yang dapat mengakibatkan kerusakan pada sebuah bangunan yang terdapat pada aliran sungai. Semakin banyak gerusan yang terjadi dapat merubah bentuk dari aliran sungai, perubahan seperti bentuk dasar dari sungai serta adanya halangan seperti bangunan yang menghalangi aliran sungai. Bangunan yang menghalangi aliran air sungai menyebabkan berubahnya pola aliran air sungai yang dapat terjadinya gerusan lokal pada sekitar bangunan. Dengan berubahnya pola aliran air sungai tersebut yang disebabkan adanya bangunan seperti abutmen jembatan, krib sungai, pintu air dan sebagainya, bangunan seperti ini dianggap dapat merubah dari pola aliran air sungai di sekitar bangunan tersebut Legono, (1990) dalam Wardani, (2018).

Menurut Ettema dan Raudkivi (1982) dalam Istiarto (2002) dalam Ariyanto (2009), perbedaan gerusan dapat dibagi menjadi:

- a. Gerusan umum *general scour*. Gerusan yang terjadi akibat dari proses alam dan tidak berkaitan sama sekali dengan ada tidaknya bangunan sungai.
- b. Gerusan dilokalisir *constriction scour*. Gerusan yang diakibatkan penyempitan alur sungai sehingga aliran menjadi terpusat.

Peristiwa kedua jenis gerusan tersebut dapat terjadi bersamaan namun pada tempat yang berbeda. Gerusan dilokalisir di alur sungai dan gerusan lokal di sekitar bangunan. Selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih *clear water scour* maupun gerusan dengan air bersedimen *live-bed scour*. Gerusan dengan air bersih berkaitan dengan suatu keadaan dimana dasar sungai di sebelah hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada material yang terangkut), atau secara teoritik ($t_0 < t_c$) dimana t_0 adalah tegangan geser yang terjadi, sedangkan t_c adalah tegangan geser kritis dari butiran dasar sungai. Perbedaan prinsip antara gerusan oleh air bersih dibandingkan dengan air bersedimen adalah mengikuti skema seperti disajikan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 7 Hubungan Gerusan dengan Waktu

2.6 Groundsill

Groundsill adalah bangunan melintang sungai yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan aliran sungai pada bagian hulu struktur. Selain itu, groundsill juga dapat meningkatkan laju pengendapan sedimen di bagian hulu struktur dikarenakan struktur groundsill dapat menjadi penghalang pergerakan

sedimen yang menuju kebagian hilir sehingga sedimen yang terhalang dapat mengendap di bagian hulu struktur groundsill tersebut.

Pada umumnya, groundsill dibuat di bagian hilir suatu bangunan sungai yang rusak atau terancam rusak disebabkan oleh gerusan seperti pada struktur pondasi bangunan jembatan, tebing sungai runtuh dan longsor akibat erosi di alur sungai dan kombinasi peristiwa erosi dasar sungai dan tebing sungai. Keberadaan groundsill diharapkan dapat mengurangi masalah gerusan yang terjadi di dasar sungai sehingga dapat melindungi bangunan-bangunan yang ada pada aliran sungai (Ragilia dan Susarman, 2021).

Menurut Sasrodarsono (1985) dalam Pangestu (2018) groundsill secara umum dibagi menjadi dua tipe, antara lain sebagai berikut ini:

1. Groundsill tipe ambang datar (*bed gindle work*)

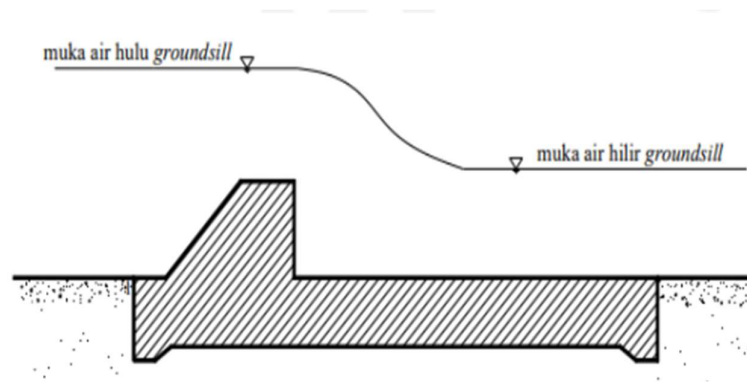
Bangunan groundsill tipe ini hampir tidak mempunyai terjunan dan elevasi mercu groundsill hampir sama dengan permukaan dasar sungai. Groundsill tipe ini berfungsi untuk menjaga agar permukaan dasar sungai tidak turun lagi. Bentuk groundsill tipe ambang datar dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 8 Groundsill Tipe AMbang Datar

2. Groundsill Tipe ambang pelimpah (*head work*)

Bangunan groundsill tipe ini mempunyai terjunan, sehingga elevasi permukaan dasar sungai dibagian hulu groundsill lebih tinggi dari elevasi permukaan dasar sungai dibagian hilirnya. Tujuan dari tipe groundsill ini adalah untuk lebih melandaikan kemiringan dasar sungai. Bentuk groundsill tipe ambang pelimpah dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 9 Groundsill Tipe Ambang Pelimpah

2.7 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi diperlukan untuk perencanaan bangunan Groundsill seperti yang diperlukan juga dalam perencanaan bangunan air lainnya. Analisis hidrologi nantinya akan menghasilkan hujan periode ulang serta debit banjir rencana yang digunakan untuk merencanakan bangunan Groundsill.

2.7.1 Hujan Kawasan

Hujan Kawasan merupakan curah hujan yang turun disekitar wilayah atau kawasan tertentu. Diperlukan data rata – rata curah hujan dari beberapa stasiun hujan yang berada di sekitar kawasan tertentu (Suripin 2004).

Perhitungan curah hujan kawasan dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain :

1. Metode Aljabar

Metode Aljabar digunakan pada wilayah yang memiliki jumlah stasiun hujan yang terbatas. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana, karena hanya menjumlahkan curah hujan kemudian membaginya dengan jumlah stasiun hujan yang ada.

$$\bar{P} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- \bar{P} = Curah hujan rata-rata kawasan
- P_1, P_2, \dots = Curah hujan yang tercatat pada stasiun hujan
- n = Jumlah stasiun hujan

2. Metode polygon Thiessen

Metode Polygon Thiessen digunakan apabila sebaran pos-pos atau stasiun hujan pada daerah yang ditinjau tidak merata dan memiliki jumlah stasiun hujan yang cukup. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya.

$$\bar{P} = \frac{A_1X_1+A_2X_2+A_3X_3+\dots+A_nX_n}{A_1+A_2+A_3+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- \bar{P} = Curah hujan rata-rata kawasan
- X_1, X_2, \dots = Curah hujan yang tercatat pada stasiun hujan
- A_1, A_2, \dots = Luas daerah yang mewakili pos hujan

3. Metode Isohyet

Isohyet berarti titik-titik kedalaman hujan yang dihubungkan dengan garis. Metode ini lebih sering digunakan daripada metode yang lain karena memperhitungkan pengaruh tiap stasiun hujan dalam menentukan curah hujan rata-rata. Rumus perhitungan metode isohyet sebagai berikut :

$$\bar{P} = \frac{\sum [A \left(\frac{P_1+P_2}{2} \right)]}{\sum A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- \bar{P} = Curah hujan rata-rata kawasan
- P_1, P_2, \dots = Curah hujan yang tercatat pada stasiun hujan
- A = Luas area

2.7.2 Pengujian Curah Hujan

Data hujan yang teramati pada stasiun pengamat hujan bisa tidak konsisten, disebabkan beberapa hal antara lain :

1. Perpindahan lokasi pengukuran
2. Perubahan pengamatan alat
3. Perubahan/penggantian lokasi pengamatan

Pengujian konsistensi dengan metode RAPS adalah dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri yaitu pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpanan kuadrat terhadap nilai reratanya, lebih jelas lagi bisa dilihat pada rumus di bawah ini :

$$S_0^* = 0$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) , \text{ dengan } k = 1, 2, 3 \dots, n \dots\dots\dots(2.4)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- Y_i = Data hujan ke - i
- \bar{Y} = Data hujan rerata - i
- D_y = Simpangan rata-rata
- n = Jumlah data

Nilai statistic Q dan R

$$Q = \text{maks } |S_k^{**}| \quad 0 \leq k \leq n$$

$$R = \text{maks } S_k^{**} - \text{min } S_k^{**} \quad 0 \leq k \leq n$$

Dengan melihat nilai statistik diatas maka dapat dicari nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} . Hasil yang dapat dibandingkan dengan nilai Q/\sqrt{n} syarat dan R/\sqrt{n} . Syarat, jika lebih kecil maka data masih dalam batasan konsisten.

Tabel 2. 1 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

N	Q/n ^{0.5}			R/n ^{0.5}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.050	1.140	1.290	1.210	1.280	1.380
20	1.100	1.220	1.420	1.340	1.430	1.600
30	1.120	1.240	1.480	1.400	1.500	1.700
40	1.140	1.270	1.520	1.440	1.550	1.780
100	1.170	1.290	1.550	1.500	1.620	1.850

Sumber : Sri Harto, Analisis Hidrologi, 1993:60

2.7.3 Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Analisis frekuensi didasarkan pada data hujan yang telah terjadi dengan tujuan untuk memperoleh kemungkinan terjadinya hujan pada waktu yang akan datang. Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam analisis frekuensi dan probabilitas untuk menentukan pola distribusi yang akan digunakan (Suripin 2004). Beberapa parameter yang digunakan antara lain :

1. Rata - rata

Merupakan nilai yang mewakili dari keseluruhan jumlah data yang ada, Rumus nilai rata-rata dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

\bar{X} = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

2. Standar Deviasi

Standar Deviasi digunakan untuk menegetahui penyebaran nilai sampel terhadap rata-rata. Nilai standar Deviasi dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

S = Standar Deviasi

X_1 = Nilai varian data

\bar{X} = Nilai rata-rata

n = Jumlah Data

3. Koefisien Kemencengan

Nilai yang menunjukkan suatu kemencengan data dalam suatu ditribusi. Koefisien kemencengan dirumuskan sebagai berikut :

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3 \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

- CS = Koefisien kemencengan
- X_1 = Nilai varian data
- \bar{X} = Nilai rata-rata
- n = Jumlah data
- S = Standar deviasi

4. Koefisien Kurtois

Perhitungan koefisien kurtosis bertujuan untuk mengukur ketinggian puncak dari kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtois dirumuskan sebagai berikut :

$$CK = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- CK = Koefisien kemencengan
- X_i = Nilai varian data
- \bar{X} = Nilai rata-rata
- n = Jumlah data
- S = Standar deviasi

5. Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara nilai standar deviasi dengan nilai rata-rata. Koefisien kurtois dirumuskan sebagai berikut :

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- CV = Koefisien variasi
- \bar{X} = Nilai rata-rata
- S = Standar deviasi

Pada perhitungan hidrologi, ada empat jenis distribusi yang sering digunakan. Antara lain :

2.7.3.1 Distribusi Normal

Perhitungan periode ulang hujan menggunakan distribusi normal, dipengaruhi oleh faktor frekuensi yang merupakan nilai dari variabel reduksi Gauss. Persamaan distribusi normal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

- X_T = Perkiraan nilai dengan periode ulang - T
- \bar{X} = Nilai rata-rata
- S = Standar deviasi
- K_T = Faktor frekuensi

Tabel 2. 2 Faktor Frekuensi Distribusi Normal

Periode Ulang	Peluang	K_T
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,01	0,99	-2,33
1,05	0,95	-1,64
1,11	0,9	-1,28
1,25	0,8	-0,84
1,33	0,75	-0,67
1,43	0,7	-0,52
1,67	0,6	-0,25
2	0,5	0
2,5	0,4	0,25
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67

Periode Ulang	Peluang	K_T
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

2.7.3.2 Distribusi Log normal

Distribusi log normal dituliskan dalam bentuk logaritma. Apabila $Y = \text{Log } X$, maka persamaan untuk menghitung distribusi log normal adalah sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

Y_T = Perkiraan nilai dengan periode ulang - T

\bar{Y} = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

K_T = Faktor frekuensi

2.7.3.3 Distribusi Log-Pearson III

Perhitungan distribusi Log-Pearson III juga menggunakan nilai logaritma, namun metode ini dipengaruhi oleh nilai k, yang besarnya tergantung oleh koefisien kemencengan G. Langkah perhitungan distribusi LogPearson III adalah sebagai berikut :

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritma, $X = \text{Log } X$
2. Hitung rata-rata
3. Hitung standar deviasi
4. Hitung koefisien kemencengan
5. Hitung logaritma hujan atau banjir periode ulang T dengan rumus :

$$\text{Log}XT = \text{Log}\bar{X} + K \cdot S \dots\dots\dots (2.14)$$

6. Hitung curah hujan rencana periode ulang T dengan rumus :

$$XT = \text{antilog}XT$$

Tabel 2. 3 Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III

Keof. G	Interval Kejadian, Tahun (periode ulang)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,363	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	-0,195	-0,195	-0,195	-0,195	-0,195
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,800	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,116	1,448	1,606	1,733
-1,0	-0,302	-0,785	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,852	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,932
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

2.7.3.4 Distribusi Gumbel

Metode distribusi Gumbel dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain, variable reduced, reduced mean, dan reduced standard deviasi. Perhitungan metode ini mempunyai rumusan sebagai berikut :

$$Y_T = \bar{X} + S \cdot K \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

Y_T = Perkiraan nilai dengan periode ulang - T

\bar{X} = Nilai rata-rata

S = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi

Faktor frekuensi K pada metode distribusi Gumbel, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

Y_n = *Reduced mean*, tergantung jumlah sampel / data n

S_n = *Reduced standard deviation*, tergantung jumlah sampel / data n

Y_{tr} = *Reduced variate*, dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y_T = -\ln\left(-\ln\frac{T_r-1}{T_r}\right) \dots\dots\dots(2.17)$$

Tabel 2. 4 Nilai Reduced Mean (Y_n)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
8	0,4843	39	0,5430	70	0,5548
9	0,4902	40	0,5436	71	0,5550
10	0,4952	41	0,5442	72	0,5552
11	0,4996	42	0,5448	73	0,5555
12	0,5035	43	0,5453	74	0,5557
13	0,5070	44	0,5458	75	0,5559
14	0,5100	45	0,5463	76	0,5561
15	0,5128	46	0,5486	77	0,5563
16	0,5157	47	0,5473	78	0,5565
17	0,5181	48	0,5477	79	0,5567

n	Yn	n	Yn	n	Yn
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
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	0,5402	66	0,5538	97	0,5595
36	0,5410	67	0,5540	98	0,5598
37	0,5418	68	0,5543	99	0,5559
38	0,5424	69	0,5545	100	0,5600

Tabel 2. 5 Nilai Standart Reduce Deviation (Sn)

n	Sn	n	Sn	n	Sn
8	0,9043	39	1,1388	70	1,1854
9	0,9288	40	1,1413	71	1,1863
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	1,1499	75	1,1898
14	1,0095	45	1,1519	76	1,1906
15	1,0205	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	1,0628	51	1,1623	82	1,1953
21	1,0696	52	1,1638	83	1,1959
22	1,0754	53	1,1658	84	1,1967
23	1,0811	54	1,1667	85	1,1973
24	1,0864	55	1,1681	86	1,1980
25	1,0915	56	1,1696	87	1,1987
26	1,0961	57	1,1708	88	1,1994
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

n	Sn	n	Sn	n	Sn
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
36	1,1313	67	1,1824	98	1,2055
37	1,1339	68	1,1834	99	1,2060
38	1,1363	69	1,1840	100	1,2065

Tabel 2. 6 Nilai Reduced Variate

Periode Ulang	Reduced Variate	Periode Ulang	Reduced Variate
TR (tahun)	Ytr	Tr (tahun)	Ytr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

Pemilihan metode distribusi berdasarkan peraturan dari departemen pekerjaan umum (2010) dengan syarat-syarat sebagai berikut.

Jenis distribusi	Syarat
Distribusi Normal	$C_s > 0$
Distribusi Log Normal	$C_s/C_v > 3$
Distribusi Gumbel 1	$C_s > 1,1396$ $C_k > 5,4002$
Distribusi Log Pearson III	Tidak ada batasan

2.7.4 Analisis Distribusi Hujan

Analisis distribusi hujan dilakukan untuk mengetahui persentase hujan tiap jam berdasarkan durasi hujan yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tahapan perhitungan analisis distribusi hujan.

1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara tinggi hujan dan tinggi aliran untuk jangka waktu yang cukup panjang. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya aliran sungai adalah keadaan hujan, luas dan bentuk

DAS, kemiringan DAS, kemiringan sungai, daya infiltrasi dan perkolasi tanah, kelembaban tanah, klimatologi dan lain-lain (Sriyono, 2016). Menurut Dr. Mononobe, koefisien pengaliran sungai-sungai di Jepang mempunyai harga C seperti pada Tabel 2.8 sebagai berikut.

Tabel 2. 7 Koefisien Pengaliran

No	Kondisi daerah pengaliran sungai	Harga
1	Daerah pegunungan yang curam	0,75-
2	Daerah pegunungan tersier	0,70-
3	Tanah bergelombang dan hutan	0,50-
4	Tanah dataran yang ditanami	0,45-
5	Pesawahan yang dialiri	0,70-
6	Sungai di daerah pegunungan	0,75-
7	Sungai kecil di dataran	0,45-
8	Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari daratan	0,50-

2. Hujan Rencana Efektif

Bagian hujan total (hujan netto) yang menghasilkan limpasan langsung (direct run-off). Hujan efektif dapat dinyatakan sebagai berikut (Sriyono, 2016).

$$R_n = C \times X_T \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

R_n = Hujan rencana efektif

C = Koefisien limpasan

X_T = Hujan kala ulang

3. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tingkat ketinggian hujan tiap satuan waktu (Suripin, 2004). Besar intensitas hujan tergantung pada lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Apabila tersedia data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung menggunakan persamaan Manonobe sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lama hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum (mm)

4. Distribusi Hujan Jam-jam an

Persamaan untuk mencari besarnya distribusi hujan-jaman dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008).

$$P = I \cdot t \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

P = Kedalaman hujan (mm)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lama hujan (jam)

Pertambahan hujan (Δp)

$$\Delta p = P_t - P_{t-1} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

Δp = Pertambahan hujan (mm)

P_t = Kedalaman hujan pada jam tertentu (mm)

Distribusi Hujan Rencana Efektif (D)

$$D = \Delta p / \sum \Delta p \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

D = Distribusi hujan rencana efektif

Δp = Kedalaman hujan (mm)

$\sum \Delta p$ = Jumlah total kedalaman hujan (mm)

Kedalaman Hujan Rencana Efektif

$$Re = D \cdot Rn \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

Re = Kedalaman hujan rencana efektif (mm)

D = Distribusi hujan rencana efektif

Rn = Hujan rencana efektif (mm)

2.7.4.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat adalah pengujian yang dilakukan dengan tujuan menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Suripin, 2004). Parameter ChiKuadrat dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

X_h^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Nilai X_h^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai X_{cr}^2 (Chi-Kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (\alpha + 1) \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

DK = Derajat kebebasan

K = Banyaknya kelas

α = Banyaknya keterikatan, Chi-Kuadrat adalah 2

Tabel 2. 8 Nilai Kritis Chi-Kuadrat

DK	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
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

2.8 Aliran Dasar (Baseflow)

Aliran dasar atau baseflow merupakan aliran yang masuk ke dalam sungai melalui permukaan bawah tanah. Baseflow sendiri merupakan salah satu komponen penyusun dalam pembuatan hidrograf. Persamaan untuk mencari baseflow menggunakan metode GAMA I dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008).

$$Q_b = 0,4751 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,943} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

Q_b = Aliran dasar (m³/s)

A = Luas DAS (km²)

D = Kerapatan jaringan kuras (km/km²)

Kerapatan jaringan kuras dicari dengan persamaan berikut (Triatmodjo, 2008).

$$D = \frac{L}{A} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

D = Kerapatan jaringan kuras (km/km²)

L = Panjang sungai (km)

A = Luas DAS (km²)

2.9 Debit Banjir rencana

Pada Penelitian ini digunakan metode Gama I dan Snyder untuk analisa debit banjir rencana (Suripin 2004).

2.9.1 Analisis Gama I

Hidrograf Satuan sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp) dan waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut.

1. Waktu Naik

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775 \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

TR = waktu naik (jam)

L = panjang sungai (km)

SF = faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

SIM = faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DTA sebelah hulu (RUA)

WF = faktor lebar adalah perbandingan antara lebar DPS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak $\frac{3}{4}$ L dan lebar DPS yang di-ukur dari titik yang berjarak $\frac{1}{4}$ L dari titik tempat pengukuran.

2. Debit Puncak

$$Qp = 0,1836 \cdot A^{0,5886} \cdot JN^{0,2381} \cdot TR^{-0,4008} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

TR = Waktu naik (jam)

JN = Jumlah pertemuan sungai

3. Waktu Dasar

$$TB = 27,4132 \cdot TR^{0,1457} \cdot S^{-0,0956} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,2574} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

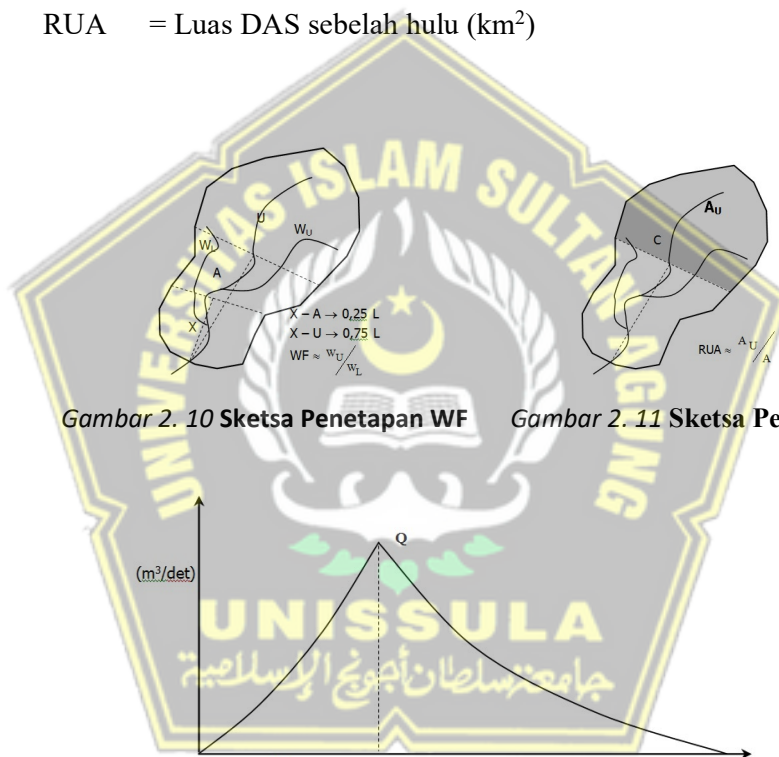
TB = Waktu dasar (jam)

S = Landai sungai rata-rata

SN = Frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat 1 dengan jumlah sungai semua tingkat

TR = Waktu naik (jam)

RUA = Luas DAS sebelah hulu (km²)



Gambar 2. 10 Sketsa Penetapan WF

Gambar 2. 11 Sketsa Penetapan RUA

Gambar 2. 12 Hidrograf Satuan Sintetis Metode Gama I

Hujan efektif didapat dengan cara metode Ø indeks yang dipengaruhi fungsi luas DTA dan frekuensi sumber SN dirumuskan sebagai berikut.

$$\emptyset = 10,4903 - 3,589 \cdot 10^{-6} \cdot A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} (A/SN)^4 \dots(2.31)$$

Keterangan :

- \emptyset = Indeks \emptyset (mm/jam)
- A = Luas DAS (km²)
- SN = Frekuensi sumber

Waktu konsentrasi atau lama hujan terpusat dirumuskan sebagai berikut.

$$t = 0,1 \cdot L^{0,9} \cdot i^{-0,3} \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

- t = Waktu konsentrasi / lama hujan terpusat (jam)
- L = Panjang sungai (km)
- I = kemiringan sunga rata-rata

2.9.2 Analisis Snyder

1. Waktu Tenggang (The Basin Lag)

$$t_p = C_p \cdot C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0,3} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan :

- t_p = Basin lag (jam)
- C_p = Koefisien yang besarnya diturunkan dari DAS (0.30 – 0.60)
- C_t = Konstanta metrix = 0.75
- L = Panjang sungai induk dari outlet sampai hulu
- L_c = Jarak sungai induk dari outlet sampai titik sungai mendekati pusat DAS (km)

2. Debit Puncak

$$q_p = C_t \cdot C_p / t_p \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan :

- q_p = Debit puncak per satuan luas DAS (m³/detik/km²)
- C_t = Konstanta 2.75
- C_p = Koefisien yang diturunkan dari DAS (0.90 – 1.40)
- t_p = Time lag (jam)
- $t_p = t_{pr} + (t_r - t_R) / 4$
- $T_{pR} = t_{pr} + 0,5 \cdot t_R$

3. Debit Puncak dan Debit Puncak per satuan luas DAS

$$q_{pK} = (q_p \cdot t_p) / t_{pR} \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan :

q_p = Debit puncak per satuan luas DAS ($m^3/detik/km^2$)

t_p = Basin lag (jam)

Lebar satuan hidrograf satuan :

$$W75\% = 1,22 \cdot q_{pR}^{-1.08}$$

$$W50\% = 2,14 \cdot q_{pR}^{-1.08}$$

Waktu dasar

$$T_B = C_3 / q_{pR} \dots\dots\dots(2.36)$$

2.10 Analisis Dimensi Groundsill

1. Dimensi Peluap

Perhitungan dimensi peluap berdasarkan Pd T-12-2004-A dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_d = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2g} \cdot (3B_1 \cdot 2B_2) \cdot h_3^3 \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan :

Q_d = Debit desain (m^3/s)

Q = Debit kala ulang (m^3/s)

α = Konsentrasi sedimen

B_1 = Lebar peluap bagian bawah (m)

B_2 = Lebar muka air di atas peluap (m)

h_3 = Tinggi air di atas peluap bendung utama (m)

Debit desain didapat dari cara coba-coba dengan memasukkan nilai asumsi h_3 .

2. Lebar Mercu Peluap

Penentuan lebar mercu peluap berdasarkan Pd T-12-2004-A dapat dilihat pada tabel berikut :

Lebar mercu : b	1,50 – 2,00 meter	3,00 – 4,00 meter
Sedimen	Pasir dan kerikil atau Kerikil dan batu-batu kecil	Batu-batu besar
Sifat hidraulik	Gerakan mandiri (lepas)	Gerakan massa (debris flow)

Lebar mercu peluap ditentukan dengan memperhatikan kondisi material dan hidrologis lokasi setempat.

3. Kemiringan Bendung Bagian Hulu

Perhitungan kemiringan bendung bagian hulu berdasarkan Pd T-12-2004-A dirumuskan sebagai berikut :

$$(1 + \alpha) \cdot \{2(n + \beta) + n \cdot (4\alpha + \gamma) + 2 \cdot \alpha \cdot \beta\} \cdot m - (1 + 3\alpha) + \alpha \cdot \beta \cdot (4n + \beta) + \gamma \cdot (3 \cdot n \cdot \beta + \beta_2 + n_2) = 0 \dots\dots\dots(2.38)$$

$$\alpha = \frac{h_3}{H} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$\beta = \frac{b_1}{H} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$m = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots\dots\dots(2.42)$$

Keterangan :

h_3 = Tinggi air di atas peluap bendung utama (m)

b_1 = Lebar mercu bendung utama

$$\begin{aligned}
 a &= (1 + a) \\
 b &= \{2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma) + 2. \alpha. \beta\} \\
 c &= (1 + 3\alpha) + \alpha. \beta (4_n + \beta) + \gamma (3. n. \beta + \beta^2 + n^2)
 \end{aligned}$$

4. Kemiringan Bendung Bagian Hilir

Perhitungan kemiringan bendung bagian hilir berdasarkan Pd T-12-2004-A dirumuskan sebagai berikut :

$$n_{max} = V_g \sqrt{\frac{2}{g \cdot H}} \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan :

- n_{max} = Kemiringan tubuh bendung utama bagian hilir
- H = Tinggi total bendung utama (m)
- V_g = Komponen horizontal untuk kecepatan kritis (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- c = $(1 + 3\alpha) + \alpha. \beta (4_n + \beta) + \gamma (3. n. \beta + \beta^2 + n^2)$

5. Menentukan kedalaman Pondasi

Perhitungan kedalaman pondasi memiliki rumus sebagai berikut :

$$h_p = 1/3 \cdot (h_3 + H) \dots\dots\dots(2.44)$$

Keterangan :

- h_p = Kedalaman pondasi (m)
- h_3 = Tinggi air di atas mercu (m)
- H = Tinggi Bendung (m)

2.11 Analisis Stabilitas Groundsill

Analisis Stabilitas groundsill ditinjau terhadap bahaya guling, bahaya Geser dan juga terhadap bahaya rembesan (KP-06, 2013).

1. Stabilitas Terhadap Guling

Stabilitas terhadap guling adalah ketahanan suatu struktur untuk menahan gaya yang bekerja yang menyebabkan guling. Persamaan untuk menghitung stabilitas terhadap guling adalah sebagai berikut :

$$SF_{guling} = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} > 2 \dots\dots\dots(2.45)$$

Keterangan :

SF_{guling} = Faktor keamanan terhadap guling

M_V = Gaya yang menahan (vertical)

M_H = Gaya yang menggulingkan (Horizontal)

2. Stabilitas Terhadap Geser

Stabilitas terhadap geser adalah ketahanan suatu struktur untuk menahan gaya yang bekerja yang menyebabkan geser. Persamaan untuk menghitung stabilitas terhadap geser adalah sebagai berikut :

$$SF_{geser} = \frac{f \cdot \sum V}{\sum H} > 2 \dots\dots\dots(2.46)$$

Keterangan :

SF_{geser} = Faktor keamanan terhadap geser

f = Koefisien Geser (KP-02, Hall. 115)

$\sum V$ = Jumlah gaya vertikal

$\sum H$ = Jumlah gaya horizontal

Tabel 2. 9 Koefisien Geser

Bahan	f
Pasangan batu	0,6 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

3. Stabilitas Terhadap Rembesan

Stabilitas terhadap rembesan dimaksudkan untuk mengecek apakah desain ground sill aman terhadap rembesan air melalui tanah sekitar bangunan yang diakibatkan oleh beda tinggi energi pada bangunan itu. Metode Lane mengoreksi teori Bligh, dimana teori ini menyatakan bahwa bidang vertikal 3 kali lebih efektif untuk menahan laju air daripada bidang horizontal dan dapat digambarkan perbandingannya adalah 3:1. Kontrol terhadap rembesan dirumuskan sebagai berikut (KP-06, 2013).

$$CL = \left\{ \sum L_v + \left(\frac{1}{3} L_h \right) \right\} / H \dots\dots\dots(2.47)$$

Keterangan :

- CL = Angka rembesan Lane
- $\sum L_v$ = Total panjang vertical (m)
- $\sum L_h$ = Total panjang horizontal (m)
- H = Beda tinggi muka air (m)

Tabel 2. 10 Angka Rembesan Lane dan Bligh

Material	Rembesan C	
	Lane	Bligh
Pasir sangat halus atau lanau	8,5	18
Pasir halus	7,0	15
Pasir sedang	6,0	-
Pasir kasar	5,0	12
Kerikil halus	4,0	-
Kerikil sedang	3,5	-
Kerikil kasar termasuk berangkal campur pasir	3,0	9
Bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikil	2,5	4-6
Lempung lunak	3,0	-
Lempung sedang	2,0	-
Lempung keras	1,8	-
Lempung sangat keras	1,6	-

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

3.1.1 Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan dan diperoleh dari pengambilan langsung di lapangan. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data Dokumentasi kondisi eksisting Sungai Kumisik dan dokumentasi kondisi cross section lokasi rencana bangunan Groundsill.

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah berbagai informasi yang telah ada sebelumnya dan dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian. Berikut data-data sekunder yang diperlukan :

1. Data Hujan

Data hujan yang digunakan berupa data hujan hasil dari pencatatan yang hanya berasal dari satu stasiun pencatatan data hujan stasiun cawitali dengan kurun waktu selama 10 tahun (2009 – 2018). Data tersebut didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS PJ).

2. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai yang ditinjau berupa data primer yang dibuat menggunakan bantuan software Arc-GIS. Pada proses pengolahan data menggunakan bantuan software, input data DEM dan koordinat dari lokasi penelitian diperlukan untuk membentuk pola daerah aliran sungai.

3. Data Teknis

Data teknis berupa gambar situasi dan gambar potongan lokasi penelitian juga didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS PJ). Proses pengukuran untuk tambahan data dari lokasi penelitian dilakukan secara langsung di lokasi penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Hilir Bendung Cawitali Sungai Kumisik, Desa Cawitali, Kecamatan Bumijawa, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Bila ditinjau secara geografis, lokasi bendung Cawitali terletak di $7^{\circ} 07'28''$ LS dan $109^{\circ}05'34''$ BT. Peta dan foto lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

3.3. Tahapan dan Metode Pengolahan Data

3.3.1 Analisis Hujan Maksimum

Pencatatan data hujan maksimum dan tanggal kejadian pada stasiun hujan yang dilanjutkan dengan proses penghitungan data hujan menggunakan metode aljabar.

3.3.2 Pengujian Konsistensi Curah Hujan

Dilakukan pengujian konsistensi data hujan menggunakan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS).

3.3.4 Pengujian Kecocokan Data

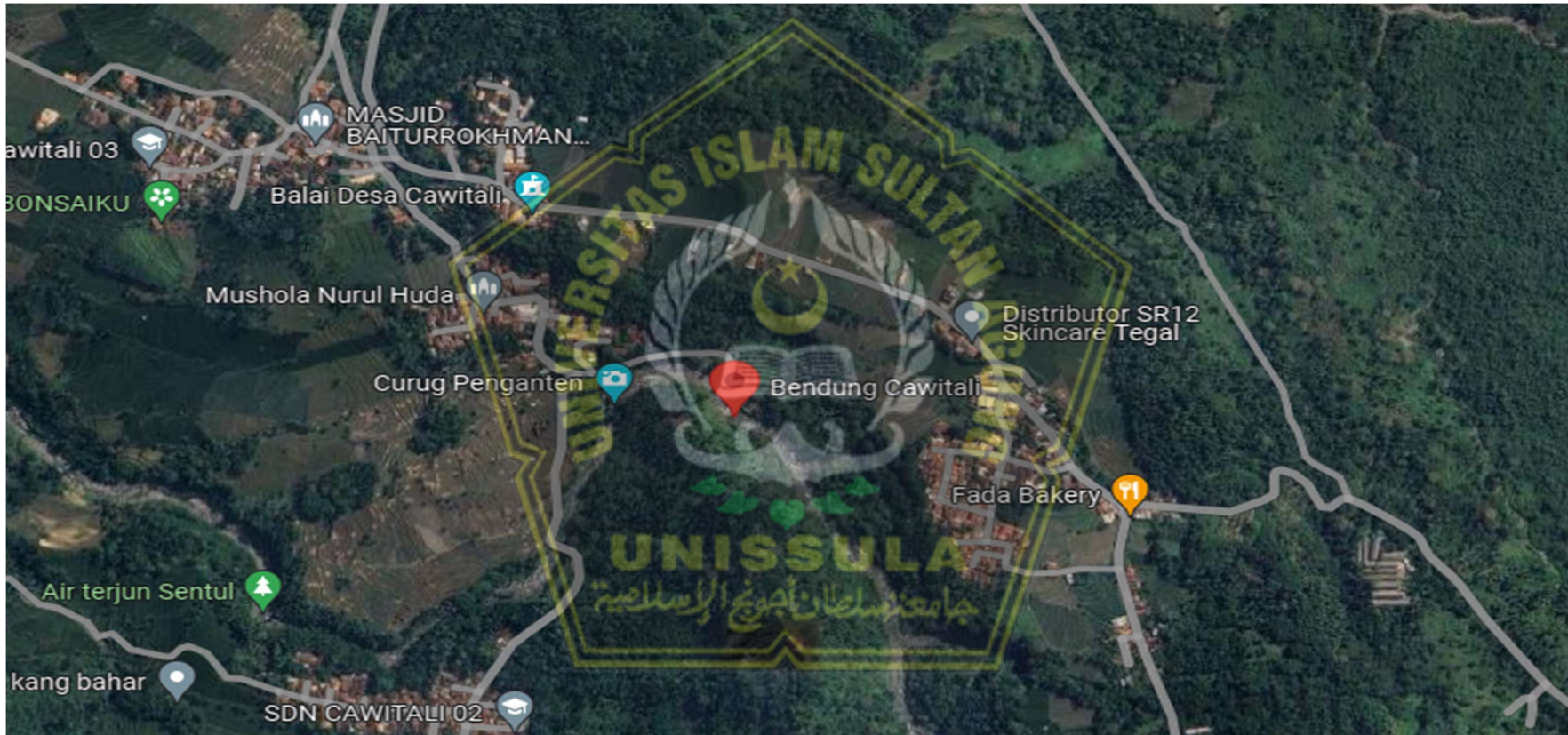
Dilakukan pengujian kecocokan data menggunakan metode *Chi-Kuadrat*.

3.3.5 Analisis Distribusi Hujan

Dilakukan perhitungan intensitas hujan menggunakan metode *Alternating Block Method* (ABM), Kedalaman hujan, dan distribusi hujan jam-jam an.

3.3.6 Analisis Debit Banjir Rencana

Dilakukan perhitungan debit banjir rencana dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dengan menggunakan metode Gama I dan Snyder. Kemudian dilakukan perhitungan waktu puncak, debit puncak dan waktu dasar. Dari hasil perhitungan kedua metode tersebut dipilih nilai yang paling besar sebagai debit banjir rencana.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian (Bendung Cawitali)



Gambar 3. 2 Foto Lokasi Rencana Groundsill Hilir Bendung Cawitali

3.3.7 Analisis Dimensi Groundsill

Dilakukan perhitungan untuk menentukan dimensi peluap, lebar mercu, kemiringan bagian hulu hilir dan kedalaman pondasi Groundsill.

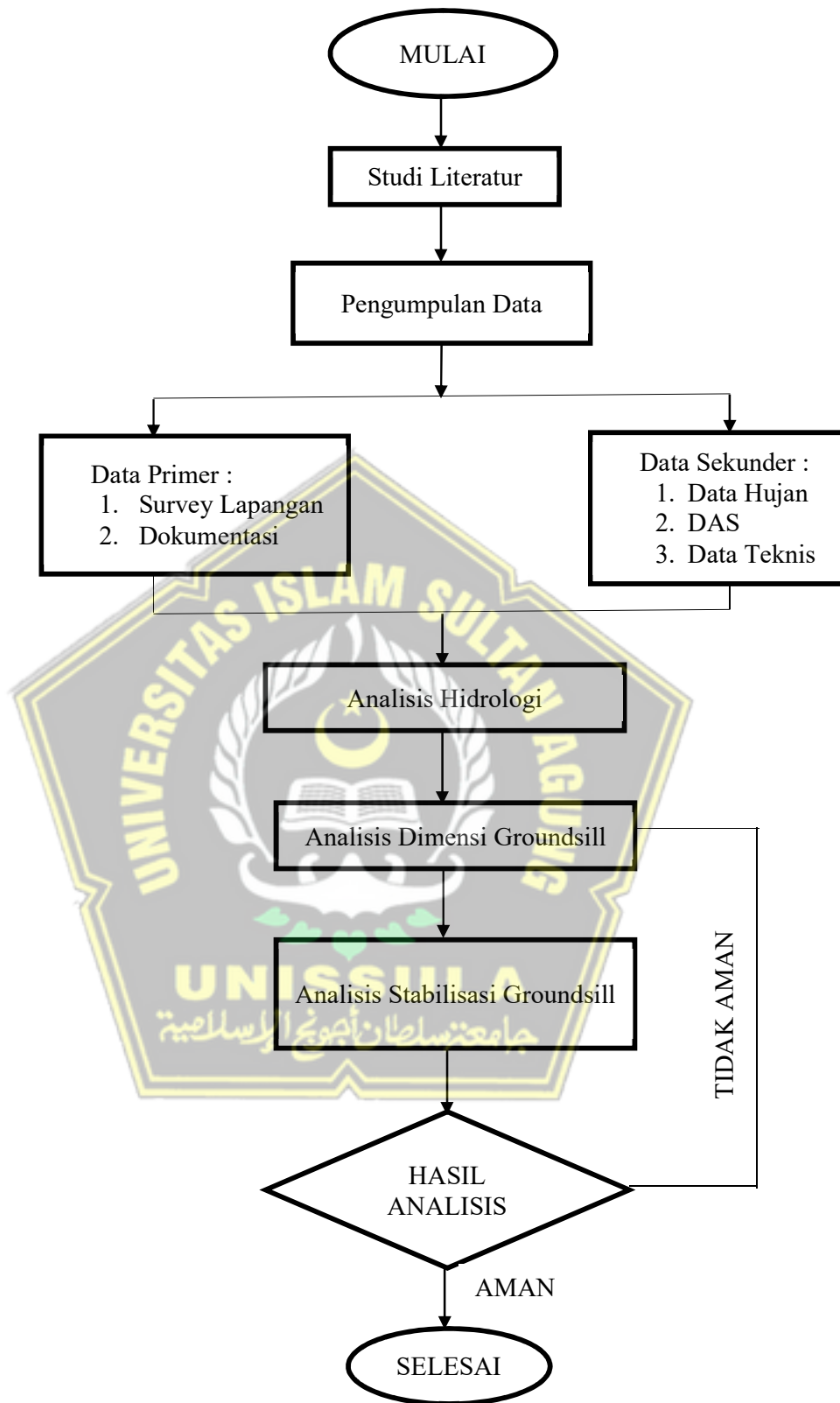
3.3.8 Analisis Stabilitas Groundsill

Dilakukan perhitungan stabilitas terhadap bahaya dari gaya geser, guling dan rembesan dengan menggunakan pedoman KP-06.

3.4. Bagan Alir

Bagan alir diperlukan agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan baik dan efisien. Gambar bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.3. berikut.





Gambar 3. 3 Bagan Alir Metode Pelaksanaan Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Hidrologi

4.1.1 Hasil Analisis Hujan Kawasan

Data hujan yang digunakan pada penelitian ini adalah data hujan maksimum tahunan dengan panjang data 10 tahun (2009-2018). Data yang digunakan tercatat pada stasiun hujan yang terletak di lokasi penelitian, yaitu Stasiun Cawitali. Berikut adalah tabel hasil pencatatan Stasiun Cawitali Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Pencatatan Hujan Maksimum Stasiun Cawitali

No.	Tahun	Hujan Maksimum
1	2009	210,0
2	2010	205,0
3	2011	153,0
4	2012	168,0
5	2013	256,0
6	2014	120,0
7	2015	141,0
8	2016	153,0
9	2017	156,0
10	2018	125,0
TOTAL		1.687,00
RATA - RATA		168,70

4.1.2 Hasil Pengujian Curah Hujan Maksimum

Setelah didapatkan data hujan maksimum dalam rentang waktu selama 10 tahun dan hanya pada satu stasiun saja, maka perlu dilakukan pengujian data Hujan maksimum dengan metode RAPS untuk mengetahui apakah data hujan yang ada konsisten atau tidak. Berikut adalah hasil perhitungan Pengujian konsistensi data hujan pada stasiun Cawitali Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil perhitungan Pengujian konsistensi data hujan

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	Sk*	(Yi-Yrerata)	Dy ²	Sk**	Sk**
1	2009	210,0	41,30	41,30	170,57	1,02	1,02
2	2010	205,0	77,60	36,30	131,77	1,92	1,92
3	2011	153,0	61,90	-15,70	24,65	1,53	1,53
4	2012	168,0	61,20	-0,70	0,05	1,51	1,51
5	2013	256,0	148,50	87,30	762,13	3,67	3,67
6	2014	120,0	99,80	-48,70	237,17	2,47	2,47
7	2015	141,0	72,10	-27,70	76,73	1,78	1,78
8	2016	153,0	56,40	-15,70	24,65	1,39	1,39
9	2017	156,0	43,70	-12,70	16,13	1,08	1,08
10	2018	125,0	0,00	-43,70	190,97	0,00	0,00
Total		1.687,00	662,50		1.634,81	3,67	Max
Rerata		168,70	66,25		163,48	0,00	Min

Berikut adalah perhitungan uji konsistensi pada Tahun 2009 menggunakan metode RAPS.

1. Mencari Nilai Sk* :

$$\begin{aligned}
 Sk^* &= X_1 - \bar{X} \\
 &= 210 - 168,7 \\
 &= 41,30
 \end{aligned}$$

2. Mencari Nilai Dy² :

$$\begin{aligned}
 Dy^2 &= Sk^{*2} / n \\
 &= 41,3^2 - 10 \\
 &= 170,57
 \end{aligned}$$

3. Mencari Nilai Sk :**

$$\begin{aligned}
 Sk^{**} &= Sk^* / \sqrt{\sum Dy^2} \\
 &= 41,30 / \sqrt{1.634,81} \\
 &= 1,02
 \end{aligned}$$

4. Mencari nilai Q dan R :

*nilai Q adalah nilai maksimum dari Sk** dan nilai R adalah hasil pengurangan nilai maksimum dengan nilai minimum Sk**.

Nilai Q = 3,67

Nilai R = 3,67 - 0,00 = 3,67

5. Mencari nilai Q / \sqrt{n} dan R / \sqrt{n} :

$$Q / \sqrt{n} = 3,67 / \sqrt{10} = 1,161 < 1,290 \text{ (99\% OK)}$$

$$R / \sqrt{n} = 3,67 / \sqrt{10} = 1,161 < 1,290 \text{ (99\% OK)}$$

6. Kesimpulan :

Menurut perhitungan di atas data curah hujan maksimum pada stasiun Cawitali masih dalam batasan konsisten.

4.1.3 Hasil Analisis Frekuensi dan Probabilitas

Setelah analisis dan pengujian data curah hujan, dilanjutkan analisis Frekuensi dan probabilitas dengan memperhitungkan parameter statistik berupa rata-rata, standar deviasi, koefisien kemencengan, koefisien kurtois dan koefisien variasi. Kemudian dilakukan pemilihan pola distribusi yang cocok berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik. Pola distribusi yang umumnya digunakan adalah distribusi Normal, distribusi Gumbel, distribusi Log-Pearson III, dan Log Normal. Berikut adalah tabel hasil analisis parameter statistik Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil analisis parameter statistik

Tahun	Xi	Xi - X	(Xi - X) ²	(Xi - X) ³	(Xi - X) ⁴
2009	210,0	41,30	1705,69	70445,00	2909378,38
2010	205,0	36,30	1317,69	47832,15	1736306,94
2011	153,0	-15,70	246,49	-3869,89	60757,32
2012	168,0	-0,70	0,49	-0,34	0,24
2013	256,0	87,30	7621,29	665338,62	58084061,26
2014	120,0	-48,70	2371,69	-115501,30	5624913,46
2015	141,0	-27,70	767,29	-21253,93	588733,94
2016	153,0	-15,70	246,49	-3869,89	60757,32
2017	156,0	-12,70	161,29	-2048,38	26014,46
2018	125,0	-43,70	1909,69	-83453,45	3646915,90
TOTAL	1687,00	0,00	16348,10	553618,56	72737839,22

7. Nilai Rata - rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi = \frac{1687}{10} = 168,7$$

8. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{16348,10}{10-1}} = 42,62$$

9. Koefisien Kemencengan

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3$$
$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)42,62^3} \cdot 553618,56 = 0,993$$

10. Koefisien Kurtosis

$$CK = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^4} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4$$
$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)42,62^4} \cdot 72737839,22 = 3,062$$

11. Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{42,62}{168,7} = 0,253$$

Tabel 4. 4 Hasil analisis parameter statistik Log

Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi - X	Log (Xi - X)2	Log (Xi - X)3	Log (Xi - X)4
2009	210,0	2,32	0,10669	0,01138	0,00121	0,00013
2010	205,0	2,31	0,09622	0,00926	0,00089	0,00009
2011	153,0	2,18	-0,03084	0,00095	-0,00003	0,00000
2012	168,0	2,23	0,00978	0,00010	0,00000	0,00000
2013	256,0	2,41	0,19271	0,03714	0,00716	0,00138
2014	120,0	2,08	-0,13635	0,01859	-0,00254	0,00035
2015	141,0	2,15	-0,06631	0,00440	-0,00029	0,00002
2016	153,0	2,18	-0,03084	0,00095	-0,00003	0,00000
2017	156,0	2,19	-0,02241	0,00050	-0,00001	0,00000
2018	125,0	2,10	-0,11862	0,01407	-0,00167	0,00020
TOTAL	1687,00	22,16	0,00000	0,09734	0,00470	0,00216
Rata-Rata	168,700	2,21553	0,00000	0,00973	0,00047	0,00022

1. Nilai Rata - rata

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log}Xi = \frac{22,16}{10} = 2,216$$

2. Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \text{Log}(Xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,09734}{10-1}} = 0,104$$

3. Koefisien Kemencengan

$$CS = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n \text{Log}(Xi - \bar{X})^3$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)0,104^3} \cdot 0,00470 = 0,580$$

4. Koefisien Kurtosis

$$CK = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^4} \sum_{i=1}^n \text{Log}(Xi - \bar{X})^4$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)0,104^4} \cdot 0,00216 = 2,56$$

5. Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{0,104}{2,216} = 0,047$$

Pemilihan jenis distribusi ditentukan berdasarkan pada ketentuan pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Parameter dan Pemilihan Jenis Ditribusi

Distribusi	Parameter	Hasil Perhitungan	Kesimpulan
Normal	Cs = 0	0.993	Tidak
	Ck = 3	3.062	
Gumbel	Cs = 1.139	0.993	Tidak
	Ck = 5.402	3.062	
Log Normal	Cs	0.580	Tidak
	Cv	0.047	
	Cs/Cv = 3	12,340	
Log Pearson III	Tidak Ada Batasan	0.580	Dipakai
		0.047	

4.1.3.1 Distribusi Log-Pearson III

Berdasarkan Tabel 4.5 pola distribusi yang memenuhi syarat parameter statistik adalah jenis distribusi *Log-Pearson III*. Selanjutnya dicari nilai K untuk perhitungan hujan rencana kala ulang (X_t). Langkah perhitungan distribusi LogPearson III adalah sebagai berikut :

6. Rata-rata = 2,216

7. Standar deviasi = 0,104

8. Koefisien kemencengan = 0,580

Tabel 4. 6 Nilai K untuk Distribusi Log-Pearson III

Cs	Interval Kejadian, Tahun (periode ulang)					
	2	5	10	25	50	100
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,800	2,261	2,615
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326

Rumus mencari nilai K untuk kala ulang (T) 2 tahun :

Diketahui :

$$X = 0,58 \quad Y = \text{Dicari}$$

$$X_1 = 0,4 \quad Y_1 = -0,066$$

$$X_2 = 0,6 \quad Y_2 = -0,099$$

Penyelesaian :

$$y = y_1 + \left\{ \left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) \cdot (y_2 - y_1) \right\}$$

$$y = -0,066 + \left\{ \left(\frac{0,58 - 0,4}{0,6 - 0,4} \right) \cdot (-0,099 - (-0,066)) \right\}$$

$$= -0,0957$$

Kala Ulang (T)	2	5	10	25	50	100
Nilai K	-0,0957	0,802	1,327	1,933	2,349	2,741

9. Periode kala ulang (T) dengan rumus :

Rumus mencari nilai LogXT dan XT untuk kala ulang (T) 2 tahun :

Diketahui :

$$\text{Log}\bar{X} = 0,58$$

$$K = -0,0957$$

$$S = 0,104$$

Penyelesaian :

$$\text{Log}X_{2th} = \text{Log}\bar{X} + K \cdot S$$

$$\text{Log}X_{2th} = 2,21553 + -0,0957 \cdot 0,104 = 2,206$$

$$X_{2th} = \text{antilog}2,206 = 160,54 \text{ mm}$$

Kala Ulang	2	5	10	25	50	100
Nilai XT (mm)	160,54	199,039	225,703	260,953	288,288	316,661

4.2 Hasil Analisis Distribusi Hujan

Durasi hujan yang digunakan adalah 7 jam, berdasarkan pada pencatatan data hujan Stasiun Hujan Cawittali. Data hujan yang digunakan adalah data yang mempunyai kedalaman lebih dari 50 mm.

Hujan Rencana Efektif

Berikut adalah tabel hasil perhitungan Hujan Rencana efektif dengan nilai C berdasarkan pada Tabel 2.8.

Tabel 4. 7 Tabel Perhitungan Hujan Rencana Efektif

kala Ulang	C	XT	Rn = C . XT
2	0,75	160,54	120,41
5		199,039	149,28
10		225,703	169,28
25		260,953	195,71
50		288,288	216,22
100		316,661	237,50

Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Distribusi Hujan Rencana Efektif

Kala Ulang	Rn	Distribusi Hujan Rencana Efektif Jam Ke- (%)						
		1	2	3	4	5	6	7
		Kedalaman Hujan Rencana Efektif Jam Ke- (mm)						
		1	2	3	4	5	6	7
2	120,41	46,44	23,22	15,48	11,61	9,29	7,74	6,63
5	149,28	57,57	28,79	19,19	14,39	11,51	9,60	8,22
10	169,28	65,29	32,64	21,76	16,32	13,06	10,88	9,33
25	195,71	75,48	37,74	25,16	18,87	15,10	12,58	10,78
50	216,22	83,39	41,69	27,80	20,85	16,68	13,90	11,91
100	237,50	91,60	45,80	30,53	22,90	18,32	15,27	13,09

Berikut adalah contoh perhitungan distribusi hujan kala ulang 2 tahun berdasarkan Tabel 4.9 diatas.

1. Intensitas Hujan (*I*)

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

$$I = \frac{120,41}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 963,24 \text{ mm}$$

2. Kedalaman hujan (P)

$$P = l . t$$

$$P = 963,24 . 1 = 963,24 \text{ mm}$$

3. Pertambahan hujan (Δp)

$$\Delta p = P_t - P_{t-1}$$

$$\Delta p = 963,24 - 0 = 963,24 \text{ mm}$$

$$\Sigma \Delta p = 2.497,54 \text{ mm}$$

4. Distribusi Hujan Rencana Efektif (D)

$$D = \Delta p / \sum \Delta p$$

$$D = \frac{963,24}{2.497,54} = 0,3857 = 38,57 \%$$

5. Kedalaman Hujan Rencana Efektif (Re)

$$Re = D . Rn$$

$$Re = 0,3857 . 120,41 = 46,44$$

Kemudian dengan tahapan yang sama dilanjutkan perhitungan distribusi dan kedalaman hujan untuk kala ulang tahun yang lain.

4.2.1 Hasil Pengujian Uji Chi-Kuadrat

Setelah dilakukan analisis frekuensi dan probabilitas dilakukan uji kecocokan data dengan menggunakan metode Chi-Kuadrat. Dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Mencari Jumlah Sub Kelompok (G) :

$$G = 1 + 3,322 \text{ Log } n$$

$$G = 1 + 3,322 \text{ Log } 10 = 4,322 = 4,3$$

2. Mencari Kelas Interval :

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{G - 1}$$

$$\Delta X = \frac{2,40 - 2,08}{4,3 - 1} = 0,1$$

$$X_{awal} = X_{min} - 0,5 \cdot \Delta X$$

$$X_{awal} = 2,08 - 0,5 \cdot 0,1 = 2,03$$

$$X_{akhi} = 2,40 + 0,5 \cdot 0,1 = 2,46$$

Mencari interval :

$$\frac{(X_{akhi} - X_{awal})}{5} = \frac{(2,46 - 2,03)}{5} = 0,086$$

3. Mencari Nilai Teoritis (E_f) :

$$E_f = \frac{n}{G}$$

$$E_f = \frac{10}{4,3} = 2,33$$

4. Mencari Derajat Kebebasan :

$$DK = G - 3$$

$$DK = 4,3 - 3 = 1,3$$

Tabel 4. 9 Tabel Hasil Uji Chi Kuadrat

No.	Probabilitas	Ef	Of	Ef - Of	(Ef - Of) ² / Ef
1	2,03<X>2,12	2,33	2	0,33	0,05
2	2,13<X>2,20	2,33	4	-1,67	1,20
3	2,21<X>2,29	2,33	1	1,33	0,76
4	2,30<X>2,37	2,33	2	0,33	0,05
5	2,38<X>2,46	2,33	1	1,33	0,76
					2,81

Dari hasil perhitungan didapat nilai uji Chi-Kuadrat sebesar 2,81. Berdasarkan Tabel 2.7 nilai Chi-Kuadrat tabel dengan derajat kepercayaan sebesar 5% adalah 3,841. Nilai Chi-Kuadrat lebih kecil dari Chi-Kuadrat perhitungan sehingga distribusi dapat diterima.

4.4 Hasil Analisis Aliran Dasar (Baseflow)

Data-data yang diperlukan untuk analisis aliran dasar (Base Flow) dan analisis debit banjir rencana antara lain :

$$\text{Luas DAS} = 17,14 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai Kumisik} = 8,62 \text{ Km}$$

Data tersebut diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (BBWS-PJ).

Kerapatan jaringan (D) :

$$D = \frac{L}{A} = \frac{8,62}{17,14} = 0,50$$

Debit aliran dasar (Q_b) :

$$Q_b = 0,4751 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,943}$$

$$Q_b = 0,4751 \cdot 17,14^{0,6444} \cdot 0,50^{0,943} = 1,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.5 Hasil Analisis Debit Banjir Rencana

4.5.1 Analisis Gama I

1. Waktu Naik (TR)

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665 SIM + 1,2775$$

$$TR = 0,43 \left(\frac{8,62}{100 \cdot 0,621} \right)^3 + 1,0665 \cdot 4,285 + 1,2775 = 5,849 \text{ Jam}$$

2. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = 0,1836 \cdot A^{0,5886} \cdot JN^{0,2381} \cdot TR^{-0,4008}$$

$$Q_p = 0,1836 \cdot 17,14^{0,5886} \cdot 12^{0,2381} \cdot 5,849^{-0,4008} = 0,870 \text{ m}^3/\text{det}$$

3. Waktu Dasar (TB)

$$TB = 27,4132 \cdot TR^{0,1457} \cdot S^{-0,095} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,2574}$$

$$TB = 27,4132 \cdot 5,849^{0,1457} \cdot 0,0447^{-0,0956} \cdot 0,100^{0,7344} \cdot 8,570^{0,2574} \\ = 15,436 \text{ Jam}$$

4. Koefisien Tampung (K)

$$K = 0,5617 \cdot A^{0,1798} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0897} \cdot D^{0,0452}$$

$$K = 0,5617 \cdot 17,14^{0,1798} \cdot 0,0447^{-0,1446} \cdot 0,621^{-1,0897} \cdot 0,503^{0,0452} \\ = 2,391 \text{ Jam}$$

5. Unit Hydrograph (Qt)

– Untuk Hidrograf turun, dimana : $t > TR$

$$Qt = Qp \cdot e^{-\left(\frac{t}{K}\right)} = 0,870 \cdot 2,718^{-\left(\frac{2}{2,391}\right)} = 0,0493$$

– Untuk Hidrograf naik, dimana : $t < \text{atau} = TR$

$$Qt = Qp \cdot \left(\frac{t}{TR}\right) = 0,870 \cdot \frac{2}{5,849} = 0,2975$$

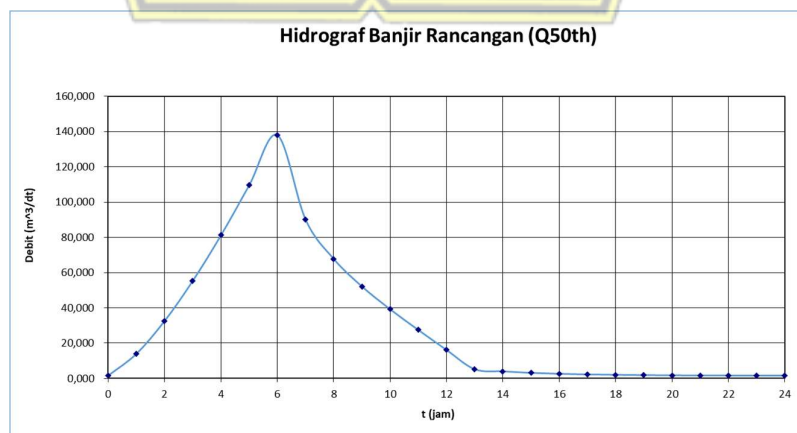
* contoh perhitungan unit hidrograph untuk $t = 2$ jam

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Hidrograph Debit

t (jam)	Qt (m3/dt)	t (jam)	Qt (m3/dt)
0	0,00000	12	0,00578
1	0,14883	13	0,00380
2	0,29765	14	0,00250
3	0,44648	15	0,00165
4	0,59530	16	0,00109
5	0,74413	17	0,00071
5,849	0,87042	18	0,00047
6	0,07090	19	0,00031
7	0,04668	20	0,00020
8	0,03073	21	0,00013
9	0,02024	22	0,00009
10	0,01332	23	0,00006
11	0,00877	24	0,00004

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Sungai Kumisik Metode Gama I

t (jam)	Debit Kala Ulang (m ³ /s)					
	2	5	10	25	50	100
0	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
1	1,54	10,11	11,26	12,77	13,95	15,17
2	1,54	22,96	25,83	29,62	32,57	35,62
3	3,84	38,67	43,64	50,22	55,32	60,61
4	7,88	56,52	63,89	73,62	81,17	89,01
5	13,29	76,08	86,07	99,27	109,51	120,14
6	19,86	95,78	108,41	125,09	138,04	151,48
7	27,41	62,75	70,95	81,79	90,20	98,92
8	34,61	47,26	53,40	61,50	67,78	74,30
9	27,22	36,49	41,18	47,37	52,17	57,16
10	20,88	27,56	31,06	35,66	39,24	42,95
11	14,89	19,44	21,84	25,01	27,47	30,03
12	8,96	11,63	12,99	14,77	16,16	17,61
13	3,10	4,06	4,39	4,84	5,19	5,54
14	2,57	3,20	3,42	3,71	3,94	4,18
15	2,22	2,63	2,78	2,97	3,12	3,28
16	1,98	2,26	2,35	2,48	2,58	2,68
17	1,83	2,01	2,08	2,16	2,23	2,29
18	1,73	1,85	1,89	1,95	1,99	2,04
19	1,67	1,74	1,77	1,81	1,84	1,87
20	1,62	1,67	1,69	1,72	1,74	1,75
21	1,60	1,63	1,64	1,66	1,67	1,68
22	1,58	1,60	1,61	1,62	1,62	1,63
23	1,56	1,58	1,58	1,59	1,60	1,60
24	1,56	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58
MAKS.	34,61	95,78	108,41	125,09	138,04	151,48



Gambar 4. 1 Kurva Debit Banjir Rancangan Metode Gama I (Q50)

4.5.2 Analisis Snyder

1. Waktu Puncak

$$t_p = C_t \cdot (L \cdot L_C)^{0.3}$$

$$t_p = 1,10 \cdot (8,62 \cdot 17)^{0.3}$$

$$t_p = 4,911 \text{ jam}$$

2. Waktu Efektif

$$t_e = \frac{t_p}{5,5}$$

$$t_e = \frac{4,911}{5,5}$$

$$t_e = 0,893$$

Dengan nilai $t_r = 1 \text{ mm}$, jika $t_e > t_r$

$$t_p' = t_p + 0,25 \cdot (t_r \cdot t_e)$$

Jika $t_e < t_r$, maka $t_p' = t_p$

Jadi nilai $t_p = 4,911 \text{ jam}$

3. Waktu Puncak

$$T_p = t_p + 0,5$$

$$T_p = 4,911 + 0,5$$

$$T_p = 5,411 \text{ jam}$$

4. Debit Puncak

$$Q_p = 0,278 \cdot C_p \cdot A / T_p$$

$$Q_p = 0,278 \cdot 0,69 \cdot 17,14 / 5,411$$

$$Q_p = 0,608$$

5. Unit Hidrograph :

Metode Alexeyev Factor :

$$\text{Alpha} = (Q_p \cdot T_p) / (h \cdot A) \longrightarrow h = 1 \text{ cm}$$

$$= (0,608 \cdot 5,411) / (1 \cdot 17,14)$$

$$= 0,192$$

$$a = 1,32 \cdot \lambda^2 + 0,15 \cdot \lambda + 0,045$$

$$a = 1,32 \cdot 0,192^2 + 0,15 \cdot 0,192 + 0,045$$

$$a = 0,122$$

* contoh perhitungan unit hidrograph untuk $t = 2$ jam

$$- t = 2 \text{ jam}$$

$$- x = t / T_p = 2 / 5,411 = 0,370$$

$$- y = 10^{((-a) \cdot ((1 - x)^2)) / x}$$

$$y = 10^{((-0,122) \cdot ((1 - 0,370)^2)) / 0,370}$$

$$y = 0,739$$

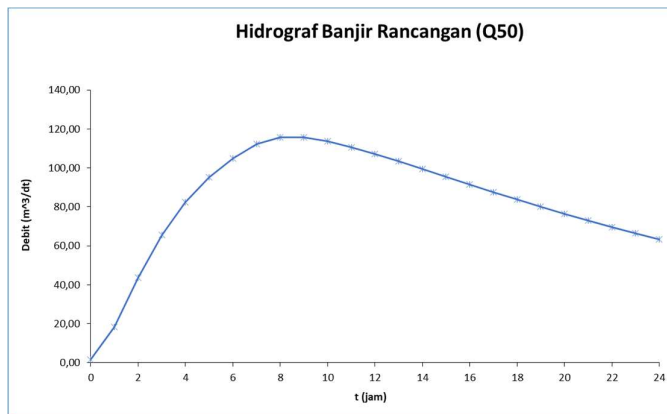
$$- Q = Y \cdot Q_p = 0,739 \cdot 0,608 = 0,449$$

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Hidrograph Debit

t	x = t/Tp	Y (alex)	Q = Y*Qp
0	0,000	0,000	0,000
1	0,185	0,363	0,221
2	0,370	0,739	0,449
3	0,554	0,904	0,549
4	0,739	0,974	0,592
5	0,924	0,998	0,607
6	1,109	0,997	0,606
7	1,294	0,981	0,596
8	1,478	0,957	0,582
9	1,663	0,928	0,564
10	1,848	0,896	0,545
11	2,033	0,863	0,524
12	2,218	0,828	0,503
13	2,402	0,794	0,482
14	2,587	0,760	0,462
15	2,772	0,727	0,442
16	2,957	0,694	0,422
17	3,142	0,663	0,403
18	3,326	0,632	0,384
19	3,511	0,603	0,366
20	3,696	0,575	0,349
21	3,881	0,547	0,333
22	4,066	0,521	0,317
23	4,251	0,496	0,302
24	4,435	0,473	0,287

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Sungai Kumisik Metode Snyder

t (jam)	Debit Kala Ulang (m ³ /s)					
	2	5	10	25	50	100
0	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
1	11,79	14,24	15,95	18,19	18,19	21,75
2	27,51	33,73	38,05	43,74	43,74	52,76
3	40,89	50,32	56,85	65,49	65,49	79,15
4	51,30	63,23	71,49	82,41	82,41	99,69
5	59,22	73,04	82,62	95,29	95,29	115,30
6	65,18	80,43	91,00	104,97	104,97	127,05
7	69,60	85,91	97,22	112,16	112,41	135,79
8	71,55	88,32	99,96	115,32	115,83	139,62
9	71,36	88,09	99,70	115,02	115,64	139,26
10	70,10	86,53	97,92	112,97	113,64	136,77
11	68,26	84,25	95,33	109,98	110,66	133,14
12	66,09	81,57	92,30	106,47	107,15	128,88
13	63,76	78,67	89,02	102,67	103,35	124,27
14	61,35	75,68	85,62	98,75	99,40	119,51
15	58,91	72,66	82,19	94,78	95,42	114,70
16	56,48	69,65	78,78	90,83	91,45	109,91
17	54,09	66,68	75,42	86,95	87,54	105,19
18	51,75	63,79	72,13	83,15	83,72	100,59
19	49,48	60,97	68,94	79,46	80,01	96,11
20	47,28	58,25	65,85	75,89	76,41	91,77
21	45,16	55,62	62,87	72,44	72,94	87,58
22	43,12	53,08	59,99	69,12	69,60	83,55
23	41,15	50,65	57,23	65,93	66,38	79,68
24	39,27	48,32	54,59	62,87	63,30	75,97
MAKS.	71,55	88,32	99,96	115,32	115,83	139,62



Gambar 4. 2 Kurva Debit Banjir Racangan Metode Snyder (Q50)

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun menggunakan metode Gama I dan Metode Snyder didapatkan hasil perbandingan sebagai berikut :

Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang Sungai Kumisik Metode Gama I dan Metode Snyder

Kala Ulang	Metode Gama (m ³ /s)	Metode Snyder (m ³ /s)
2	34,61	71,55
5	95,78	88,32
10	108,41	99,96
25	125,09	115,32
50	138,04	115,83
100	151,48	139,62

Berdasarkan tabel perbandingan hasil perhitungan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun di atas antara metode Gama I dan Snyder didapatkan hasil perhitungan dari Metode Gama I sebesar 138,04 m³/s lebih besar dari Metode Snyder.

Sehingga untuk kebutuhan desain Groundsil digunakan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun metode Gama I.

4.6 Analisis Dimensi Groundsill

Debit desain yang digunakan untuk desain dimensi groundsill adalah debit banjir rencana kala ulang 50 tahun Gama I. Berikut ini adalah perhitungan desain dimensi Groundsil.

1. Dimensi Peluap

Diketahui :

- Q_{50} = 138,04 m³/s
- C = 0,60
- B = 14 m
- B_1 & B_2 = 14 m
- g = 9,81 m/s
- h_3 = Hasil coba-coba hingga hasil didapatkan nilai Q sama atau mendekati $Q_{50} = 138,04$ m³/s

Persamaan :

$$Q_d = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2g} \cdot (3B_1 + 2B_2) \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

Perhitungan :

$$Q_d = \frac{2}{15} \cdot C \cdot \sqrt{2g} \cdot (3B_1 + 2B_2) \cdot h_3^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_d = \frac{2}{15} \cdot 0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot (3 \cdot 14 + 2 \cdot 14) \cdot 2,2327^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_d = 138,038$$

Nilai h_3 didapatkan sebesar 2,2327 m dengan tinggi jagaan (F) berdasarkan Pd T-12-2004-A untuk debit desain 100-200 m³ /s dipilih 1,00 m.

2. Lebar Mercu Peluap

Berdasar pada Pd T-12-2004-A penentuan lebar mercu peluap (b1) diambil sebesar 3 m karena material di sekitar lokasi penelitian berupa batu-batu besar.

3. Tinggi Bendung

Pada penelitian ini ditentukan tinggi bendung (H) setinggi 2 m sesuai dengan Pd T-12-2004-A yang menyarankan tinggi maksimum bendung 5 m.

4. Kemiringan Bendung Bagian Hulu dan Hilir

Kemiringan tubuh bendung diambil 1:0,20 sebagai standar (Pd T-12-2004-A). Hal itu dimaksudkan untuk menghindari batu-batu besar yang jatuh dari sungai maupun peluap memukul bagian hulu dan hilirnya, serta tidak menimbulkan gaya abrasi pada permukaan tubuh bendung bagian hulu dan hilirnya.

5. Tebal Kolam Olak

Diketahui :

$$- H = 2 \text{ m}$$

$$- h_3 = 2,2327 \text{ m}$$

Persamaan :

$$t = 0,1 \cdot (0,6 \cdot H + 3 \cdot h_3 - 1)$$

Perhitungan :

$$t = 0,1 \cdot (0,6 \cdot H + 3 \cdot h_3 - 1)$$

$$t = 0,1 \cdot (0,6 \cdot 2 + 3 \cdot 2,2327 - 1) = 0,689 \text{ m} \sim 0,7 \text{ m}$$

6. Panjang Lantai Kolam Olak

Diketahui :

$$- Q_{50} = 138,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$- B_1 = 14 \text{ m}$$

$$- h_3 = 2,2327 \text{ m}$$

$$- H = 2 \text{ m}$$

$$- g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Perhitungan :

$$q_0 = \frac{Q_d}{B_1} = \frac{138,04}{14} = 9,86 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_0 = \frac{q_0}{h_3} = \frac{9,86}{2,2327} = 4,42 \text{ m/s}$$

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g(H + h_3)} = \sqrt{2 \cdot 9,81(2 + 2,2327)} = 9,11$$

$$h_1 = \frac{q_0}{V_1} = \frac{9,86}{10,88} = 1,082 \text{ m}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{9,11}{\sqrt{9,81 \cdot 1,082}} = 0,86$$

$$h_j = \frac{h_1}{2} (\sqrt{1 + 8 \cdot Fr_1^2} - 1) = \frac{1,082}{2} (\sqrt{1 + 8 \cdot 0,86^2} - 1) \\ = 1,31 \text{ m}$$

$$l_w = V_0 \cdot (2(H + 0,5 \cdot h_3)/g)^{1/2}$$

$$= 4,42 \cdot (2(2 + 0,5 \cdot 2,2327)/9,81)^{1/2} = 1,40$$

$$X = \beta \cdot h_j = 4,5 \cdot 1,31 = 5,91$$

$$L = l_w + X + b_1 = 1,40 + 5,91 + 14 = 21,31$$

$$L_{empiris} = 2,0(H + h_3) = 2,0(2 + 2,2327) = 8,47$$

L empiris < L maka dipakai L, Maka Panjang loncatan sejauh 21,31 m ~ 21,50 m.

7. Menentukan kedalaman Pondasi

Diketahui :

$$- h_3 = 2,2327 \text{ m}$$

$$- H = 2 \text{ m}$$

Persamaan :

$$h_p = 1/3 \cdot (h_3 + H)$$

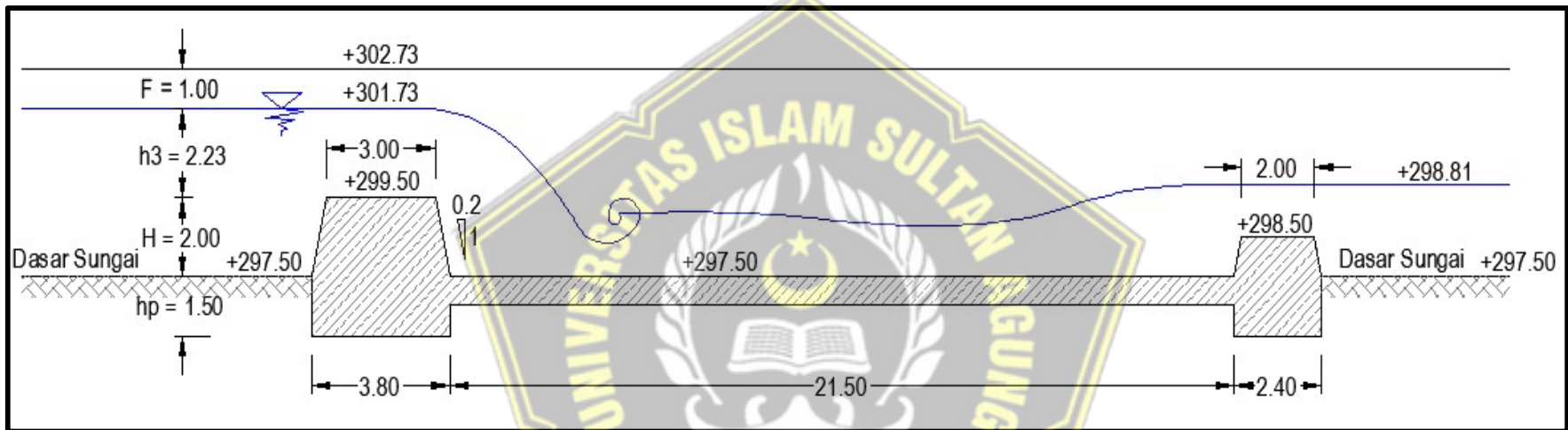
Perhitungan :

$$h_p = 1/3 \cdot (h_3 + H)$$

$$h_p = \frac{1}{3} \cdot (2,2327 + 2) = 1,41 \text{ m} \sim 1,5 \text{ m}$$

Tabel 4. 15 Dimensi Groundsill

No.	Jenis	Dimensi	Satuan
1.	Lebar Mercu Peluap	3	m
2.	Tinggi Bendung	2	m
3.	Kemiringan Hulu	0,2	
4.	Kemiringan Hilir	0,2	
5.	Tebal Kolam Olak	0,7	m
6.	Panjang Lantai Kolam	21,5	m
7.	Kedalaman Pondasi	1,5	m



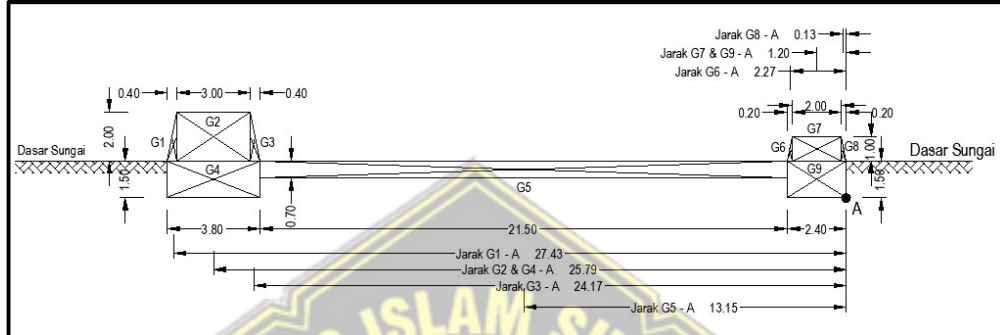
Gambar 4. 3 Dimensi Groundsil

UNISSULA
 جامعة سلطان أبوبنوح الإسلامية

4.7 Hasil Analisis Gaya-Gaya yang Bekerja

1. Gaya Akibat Beban Sendiri

Suatu bangunan yang telah dirancang dapat menimbulkan gaya-gaya yang bekerja akibat massa atau beban dari bangunan itu sendiri, dimana gaya tersebut bekerja tegak lurus terhadap bendung. Perhitungan gaya akibat berat sendiri dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Gaya Akibat Beban Sendiri

Contoh perhitungan gaya akibat beban sendiri :

$$G1 = \text{Luasan} \cdot \text{Berat Jenis} = (0,5 \cdot 0,4 \cdot 2,00) \cdot 2,4 = 0,960 \text{ m}^2$$

$$G2 = \text{Luasan} \cdot \text{Berat Jenis} = (3,00 \cdot 2,00) \cdot 2,4 = 14,400 \text{ m}^2$$

Contoh perhitungan momen akibat beban sendiri :

$$G1 = \text{Gaya} \cdot \text{Lengan} = 0,960 \cdot 27,430 = 26,333 \text{ m}^2$$

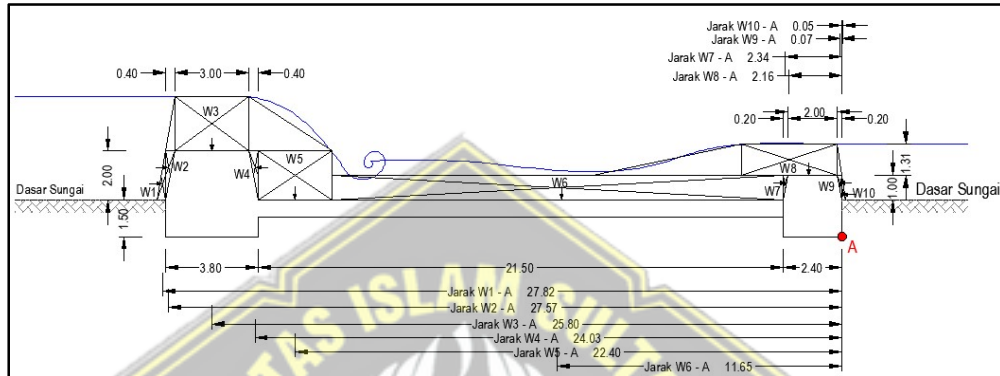
$$G2 = \text{Gaya} \cdot \text{Lengan} = 14,400 \cdot 25,790 = 371,376 \text{ m}^2$$

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Beban Sendiri

Notasi	Luasan	Berat Jenis	Gaya	Lengan	Momen
	(m ²)	γ	(ton)	(m)	(ton/m)
G1	0,400	2,400	0,960	27,430	26,333
G2	6,000	2,400	14,400	25,790	371,376
G3	0,400	2,400	0,960	24,170	23,203
G4	5,700	2,400	13,680	25,790	352,807
G5	15,050	2,400	36,120	13,150	474,978
G6	0,100	2,400	0,240	2,270	0,545
G7	2,000	2,400	4,800	1,200	5,760
G8	0,100	2,400	0,240	0,130	0,031
G9	3,600	2,400	8,640	1,200	10,368
Total			80,040		1265,401

2. Gaya Akibat Tekanan Air

Kedalaman permukaan air menyebabkan timbulnya tekanan pada tubuh bendung atau disebut juga sebagai tekanan hidrostatis. Tekanan Hidrostatis dapat diterjemahkan menjadi gaya vertikal dan gaya horizontal dalam perhitungan. Pada kondisi banjir, gaya akibat tekanan Hidrostatis dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 4. 5 Gaya Akibat Tekanan Air

Contoh perhitungan gaya akibat tekanan air :

$$W1 = Luasan \cdot Berat Jenis = (0,5 \cdot 0,4 \cdot 2,00) \cdot 1,00 = 0,400 \text{ m}^2$$

$$W2 = Luasan \cdot Berat Jenis = (0,5 \cdot 0,4 \cdot 2,00) \cdot 1,00 = 0,400 \text{ m}^2$$

$$W3 = Luasan \cdot Berat Jenis = (3 \cdot 2,2327) \cdot 1,00 = 6,698 \text{ m}^2$$

Contoh perhitungan momen akibat tekanan air :

$$W1 = Gaya \cdot Lengan = 0,400 \cdot 27,820 = 11,128 \text{ m}^2$$

$$W2 = Gaya \cdot Lengan = 0,400 \cdot 27,570 = 11,028 \text{ m}^2$$

$$W3 = Gaya \cdot Lengan = 6,698 \cdot 25,800 = 172,811 \text{ m}^2$$

Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Gaya dan Momen Akibat Tekanan Air

Notasi	Luasan	Berat Jenis	Gaya (ton)		Lengan	Momen (ton/m)	
	(m ²)	γ	Vertikal	Horizontal	(m)	Vertikal	Horizontal
W1	0,400	1,000		0,400	27,820		11,128
W2	0,400	1,000		0,400	27,570		11,028
W3	6,698	1,000	6,698		25,800	172,811	
W4	0,400	1,000		0,400	24,030		9,612
W5	6,000	1,000	6,000		22,400	134,400	
W6	1,470	1,000	1,470		11,650	17,126	
W7	0,100	1,000		0,100	2,300		0,230
W8	5,122	1,000	5,122		2,160	11,064	
W9	0,100	1,000		0,100	0,070		0,007
W10	0,100	1,000		0,100	0,050		0,005
Total			19,290	1,400		335,400	32,005

4.8 Hasil Analisis Stabilitas Groundsill

Analisis Stabilitas groundsill ditinjau terhadap bahaya guling, bahaya Geser dan juga terhadap bahaya rembesan (KP-06, 2013).

1. Stabilitas Terhadap Guling

Perhitungan factor keamanan terhadap gaya guling pada kondisi muka air banjir (Q₅₀) adalah sebagai berikut :

$$SF_{guling} = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} > 2$$

$$SF_{guling} = \frac{335,400}{32,005} > 2$$

$$SF_{guling} = 10,48 > 2$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa bangunan groundsill aman terhadap bahaya guling pada kondisi muka air banjir (Q₅₀).

2. Stabilitas Terhadap Geser

Perhitungan factor keamanan terhadap gaya geser pada kondisi muka air banjir (Q_{50}) dengan koefisien geser (f) sebesar 0,5 adalah sebagai berikut :

$$SF_{geser} = \frac{f \cdot \sum V}{\sum H} > 2$$

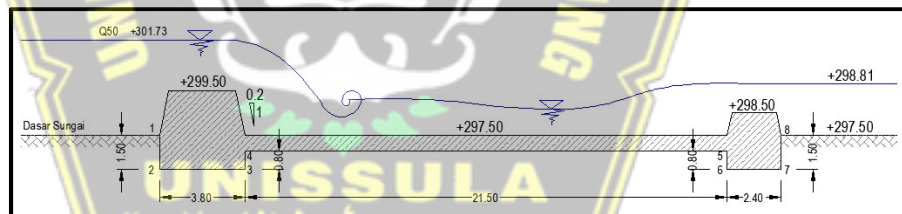
$$SF_{geser} = \frac{0,5 \cdot 19.290}{1,4} > 2$$

$$SF_{geser} = 6,89 > 2$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa bangunan groundsill aman terhadap bahaya geser pada kondisi muka air banjir (Q_{50}).

3. Stabilitas Terhadap Rembesan

Perhitungan Panjang rembesan (*creep line*) pada kondisi muka air banjir (Q_{50}) adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 6 Panjang Rembesan (*Creep Line*) Groundsill

Tabel 4. 18 Tabel Hasil Perhitungan Creep Line

Line	Panjang Rembesan		
	LV	LH	LH/3
1 - 2	1,50		
2 - 3		3,80	1,27
3 - 4	0,80		
4 - 5		21,50	7,17
5 - 6	0,80		
6 - 7		2,40	0,80
7 - 8	1,50		
Total	4,60		9,23

$$\Delta H = H + h_3 - h_j$$

$$\Delta H = 2 + 2,2327 - 1,31 = 2,9227$$

$$CL = \left\{ \sum L_v + \left(\frac{1}{3} Lh \right) \right\} / \Delta H$$

$$CL = \frac{\{4,60 + 9,23\}}{2,9227} = 4,732$$

Angka rembesan (C) dipilih 2,5 berdasarkan material disekitar berupa bongkah dengan sedikit berangkal dan kerikil. Karena nilai hasil perhitungan lebih besar dari angka rembesan (C) dipilih maka groundsill aman terhadap bahaya rembesan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan groundsill di hilir Bendung Cawitali, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan debit banjir rencana periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun menggunakan metode Gama I dan metode Snyder. Untuk Analisis kebutuhan desain dimensi Groundsill digunakan hasil perhitungan debit banjir rencana kala ulang 50 Tahun (Q_{50}) metode Gama I dengan hasil sebesar $138,04 \text{ m}^3/\text{s}$.

Debit yang digunakan untuk perhitungan desain bangunan Groundsill adalah debit banjir rencana dengan metode Gama I kala ulang 50 tahun (Q_{50}) sebesar $138,04 \text{ m}^3/\text{s}$.

2. Dari hasil perhitungan dimensi groundsill didapatkan dimensi sebagai berikut :

- Lebar Mercu Peluap = 3 m
- Tinggi Bendung = 2 m
- Kemiringan Hulu = 0,2
- Kemiringan Hilir = 0,2
- Tebal Kolam Olak = 0,7 m
- Panjang Lantai Kolam = 21,5 m
- Kedalaman Pondasi = 1,5 m

3. Dari hasil perhitungan stabilitas groundsill didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{Gaya Guling} = 10,48 > 2 \text{ (SF)}$$

$$\text{Gaya Geser} = 6,89 > 2 \text{ (SF)}$$

$$\text{Rembesan} = 4,73 > 2,5 \text{ (SF)}$$

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan pada hasil pengolahan data untuk perencanaan desain groundsil di hilir Bendung Cawitali adalah :

1. Perlunya peran serta masyarakat sekitar dalam hal pemeliharaan, serta kesadaran dalam keseimbangan kelestarian alam di sekitar area groundsill dan Bendung Cawitali.
2. Perlu dilakukam analisis kembali secara lebih mendalam mengenai dampak dari pembangunan groundsill di hilir Bendung Cawitali.
3. Dalam merencanakan bangunan di alur sungai hendaknya perlu diperhitungkan dampak yang ditimbulkan akibat perubahan arus yang terjadi, sehingga kerusakan bangunan lain akibat perubahan arus air dapat hindari.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. 2004. *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai*. Pd T-12-2004-A. Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah.
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air, 2013. *Standar Perencanaan Irigasi. KP-06*. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Djufri, Hasdaryatmin, 2017. *Studi Pengaruh Sudut Belokan Sungai Terhadap Volume Gerusan*.
- Istiarto. 2002. *Geometri Dan Kapasitas Tampang Sungai*. Perumka-FT UGM. Yogyakarta
- Legono. 1990. *Gerusan Lokal*. Bahan Kuliah. Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gajah Mada.
- Maryono, Agus, 2005. *Eko – Hidraulik Pembangunan Sungai, Edisi II*. Magister Sistem Teknik Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 .1991. *Sungai*. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 12/PRT/M/2015. 2015. *Eksplorasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Peraturan Menteri Nomor 28. 2015. *Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Ragilia, P.S. dan Susarman. 2021. *Efektifitas Struktur Groundsill Dalam Mengurangi Gerusan Di Dasar Sungai: Kajian Literatur*. *Jurnal of Infrastructure in Civil Engineering (JICE)*. Vol.02 No.01:8-15. Bandar Lampung.
- Sosrodarsono, Suyono. 1984. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Tominaga, M. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Terjemahan oleh Gayo, M. Y. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sriyono, E. 2016. *Analisis Debit Banjir Rancangan Bangunan Penampung Air Kayangan Untuk Suplesi Kebutuhan Air Bandara Kulon Progo DIY*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2016 Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammdiyah Surakarta. Yogyakarta

- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Cetakan Keenam. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wardani, D.W.T. 2018. *Pengaruh pemasangan check dam dengan variasi jarak pada belokan sungai menggunakan uji model laboraorium*. Proyek akhri Universitas Negeri Yogyakarta.

