

TUGAS AKHIR

**STUDI PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI
PLUMBON DENGAN PERENCANAAN TANGGUL
DAN NORMALISASI SUNGAI
(*FLOOD CONTROL STUDY OF PLUMBON RIVER
WITH DESIGN LEVEES AND RIVER
NORMALIZATION*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**HIMAWAN YUDHANTOKO
13511110**

**Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
2020**

TUGAS AKHIR

STUDI PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI PLUMBON DENGAN PERENCANAAN TANGGUL DAN NORMALISASI SUNGAI (*FLOOD CONTROL STUDY OF PLUMBON RIVER WITH DESAIN LEVEES AND RIVER NORMALIZATION*)

Disusun Oleh

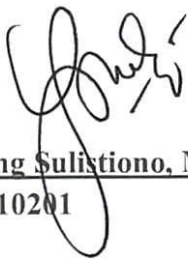
Himawan Yudhantoko

13511110

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



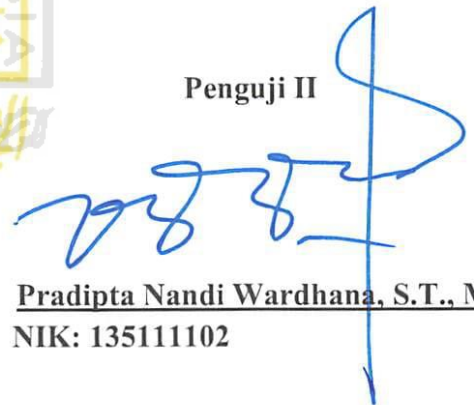
Ir. Bambang Sulistiono, MSCE
NIK: 805110201

Penguji I



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

Penguji II



Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng.
NIK: 135111102

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku.

Yogyakarta, 10 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Himawan Yudhantoko

(13511110)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas Rahmat dan Hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Karya ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Bambang dan Ibu Rasini, terima kasih karena selalu menjaga saya dalam doa-doa bapak dan ibu serta selalu membiarkan saya mengejar impian saya apa pun itu.
2. Bapak Bambang Sulistiono, terimakasih atas motivasi ilmu, dan bimbingannya, yang sudah sangat membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim.

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah, segala puji untuk Allah *Azza wa Jalla* Tuhan semesta alam karena berkat limpahan nikmat-Nya penulis diberi kekuatan, kesehatan, dan semangat sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik. Tidak lupa shalawat dan salam kepada manusia yang patut dijadikan tauladan, Nabi Muhammad SAW. *Allahuma sholli 'ala Muhammad, wa 'ala ali Muhammad.*

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir yang berjudul Studi Pengendalian Banjir Sungai Plumbon Dengan Perencanaan Tanggul Dan Normalisasi Sungai terdapat kendala-kendala yang dialami. Namun berkat kritik, saran, dan semangat dari berbagai pihak akhirnya penelitian dan naskah Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis haturkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,
2. Ir.Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Dosen Pembimbing,
3. Bapak dan Ibu serta keluarga yang selalu mendoakan dan bersabar. Semoga Allah *Azza wa Jalla* selalu menjaga keimanannya,
4. Teman – teman Kos Abenk yang telah banyak membantu saat membutuhkan saran dan masukan. Serta penghilang rasa suntuk dan penat disela – sela mengerjakan Tugas Akhir. Semoga apa yang telah kita pelajari dapat berguna dalam kebaikan.

Akhir kata diharapkan agar penelitian dalam Tugas Akhir dapat bermanfaat bagi pihak pihak yang membacanya.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Yogyakarta, 10 November 2020

Penulis,

Himawan Yudhantoko

13511110

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.1.1 Mitigasi Risiko Bencana Banjir Di Sungai Beringin	4
2.1.2 Studi Evaluasi Dan Upaya Pengendalian Banjir Pada Sungai Rangkui Bagian Hilir	5

2.1.3 Analisa Pengendalian Banjir Sungai Cirasea, Kecamatan Ciparay, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.	6
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya	6
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Banjir	8
3.1.1 Faktor Penyebab Banjir	8
3.1.2 Dampak Bencana Banjir	9
3.2 Daerah Aliran Sungai	10
3.3 Hujan Rancangan	12
3.4 Analisis Frekuensi	15
3.5 Distribusi Hujan Jam-Jaman	21
3.6 Hidrograf Satuan Sintetis	22
3.6.1 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I	22
3.6.2 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	25
3.7 Hidrolika	26
3.7.1 Analisis Penampang Eksisting Sungai	27
3.7.2 Perencanaan Penampang Sungai Rencana	29
3.8 Pengendalian Banjir	31
3.8.1 Normalisasi Sungai	32
3.8.2 Perencanaan Tanggul	33
BAB IV METODE PENELITIAN	34
4.1 Lokasi Penelitian	34
4.2 Studi Pustaka	34
4.3 Pengumpulan Data	35
4.4 Pengolahan Data	36

4.5 Alur Penelitian	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	40
5.1 Analisis Hidrologi	40
5.1.1 Ketersediaan Data	40
5.1.2 Konsistensi Data	43
5.1.3 Analisis Frekuensi	46
5.1.4 Distribusi Hujan dan Hujan Efektif	48
5.1.5 Hidrograf Satuan Sintetis	50
5.1.6 Hidrograf Banjir Rencana	60
5.2 Simulasi Pemodelan Sungai Plumbon	66
5.2.1 Kondisi Eksisting Sungai Plumbon	66
5.2.2 Pengendalian Banjir Sungai Plumbon	71
5.3 Pembahasan	80
5.3.1 Debit Banjir Rencana	81
5.3.2 Kondisi Eksisting Sungai Plumbon	81
5.3.3. Pengendalian Banjir	81
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1 Kesimpulan	83
6.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 DAS (a) Memanjang (b) Radial (c) Pararel	11
Gambar 3. 2 Stasiun Hujan di Suatu DAS	13
Gambar 3. 3 Metode Poligon <i>Thiesen</i>	14
Gambar 3. 4 Ilustrasi Metode <i>Isohyet</i>	15
Gambar 3. 5 <i>Hytograph</i> dengan <i>Alternating Block Methode</i> (ABM)	22
Gambar 3. 6 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gama I	23
Gambar 3. 7 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	26
Gambar 3. 8 Penggambaran Persamaan Energi pada Saluran Terbuka	28
Gambar 3. 9 Metode HEC-RAS Tentang Kekasaran Dasar Saluran	28
Gambar 3. 10 Pengendalian Banjir Dengan Metode Struktur Dan Non Struktur	32
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian	34
Gambar 4. 2 <i>Cross Section</i> Sta. 52	36
Gambar 4. 3 Bagan Alir Pemodelan Banjir Sungai Plumbon	38
Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 5. 1 DAS Plumbon	41
Gambar 5. 2 Sketsa Daerah Aliran Sungai Plumbon	42
Gambar 5. 3 Sebaran Data Log Pearson III DAS Plumbon	47
Gambar 5. 4 <i>Hytograph</i> ABM Kala Ulang 50 Tahun	50
Gambar 5. 5 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	53
Gambar 5. 6 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Koreksi	55
Gambar 5. 7 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I	57
Gambar 5. 8 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I Koreksi	60
Gambar 5. 9 Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu	62
Gambar 5. 10 Debit Banjir Rencana HSS Gama I	64
Gambar 5. 11 Perbandingan Debit Banjir Rencana antar HSS	65
Gambar 5. 12 Profil Memanjang Sungai Plumbon Pada Kondisi Eksisting	66
Gambar 5. 13 Profil Melintang Sungai Plumbon Pada Kondisi Eksisting	67
Gambar 5. 14 CCSP Sebagai Tanggul Sungai	72

Gambar 5. 15 Model Penampang Sungai Normalisasi	73
Gambar 5. 16 Model Penampang Sungai Normalisasi dan Tanggul	74
Gambar 5. 17 Profil Memanjang Sungai Plumbon Setelah Normalisasi dan Pembuatan Tanggul	75
Gambar 5. 18 Profil Potongan Melintang Sungai Plumbon Setelah Normalisasi	76



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya	7
Tabel 3. 1 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi	18
Tabel 3. 2 Tinggi Jagaan Tanggul	33
Tabel 4. 1 Curah Hujan Maksimum (2000-2015)	35
Tabel 5. 1 Parameter DAS Plumbon	41
Tabel 5. 2 Tata Guna Lahan	41
Tabel 5. 3 Data Hujan DAS Plumbon	43
Tabel 5. 4 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}	44
Tabel 5. 5 Uji Konsistensi Stasiun Mangkang	45
Tabel 5. 6 Analisis Statistik DAS Plumbon	46
Tabel 5. 7 Analisis Logaritmik DAS Plumbon	46
Tabel 5. 8 Uji Kecocokan Data Sebaran Hujan DAS Plumbon	47
Tabel 5. 9 Hujan Rancangan DAS Plumbon	47
Tabel 5. 10 Distribusi Hujan Kala Ulang 50 Tahun	49
Tabel 5. 11 Perhitungan HSS Nakayasu Koreksi	53
Tabel 5. 12 Data Parameter Perhitungan HSS Gama I DAS Plumbon	55
Tabel 5. 13 Perhitungan HSS Gama I	58
Tabel 5. 14 Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Th	61
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu	61
Tabel 5. 16 Debit Banjir Rencana HSS Gama I Kala Ulang 50 Th	63
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana HSS Gama I	63
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rencana Maksimum	65
Tabel 5. 19 Rekapitulasi Elevasi MAB Kondisi Eksisting	68
Tabel 5. 20 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Normalisasi	72
Tabel 5. 21 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Normalisasi dan Tanggul	74
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Elevasi MAB Setelah Penanganan	76

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Koefisien Kemencengan Cs
- Lampiran 2. Nilai *Chi-Kuadrat*
- Lampiran 3. Nilai Kritis Untuk Uji Keselarasan *Smirnov Kolmogorov*
- Lampiran 4. Nilai CN
- Lampiran 5. Potongan Melintang Sungai Plumbon
- Lampiran 6. Data Curah Hujan Harian Sungai Plumbon
- Lampiran 7. Perhitungan Distribusi Hujan Efektif
- Lampiran 8. Perhitungan Debit Banjir Rencana
- Lampiran 9. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Nomor 38 Tahun 2011.
Tentang. Sungai



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

α	= Koefisien karakteristik DAS
A	= Luas daerah aliran sungai (km ²)
C _k	= Koefisien kurtosis
C _s	= Koefisien kemencengan (skewerness)
C _v	= Koefisien varian
DAS	= Daerah aliran sungai
HEC-RAS	= <i>Hydrologic Engineering Center River Analysis System</i>
JN	= Jumlah pertemuan sungai
L	= Panjang sungai utama (km)
MAB	= Muka air banjir
N	= Koefisien kekasaran Manning
\bar{P}	= Hujan rerata Kawasan
Q_p	= Debit puncak (m ³ /detik)
Q_t	= Debit pada jam ke t (m ³ /detik)
RUA	= Luas relatif DAS sebelah hulu
S	= Standar deviasi
SF	= Faktor sumber
SIM	= Faktor simetri
SN	= Frekuensi sumber
Sta.	= Stasiun hujan
TB	= Waktu dasar (jam)
T _p	= Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)
TR	= Waktu puncak (jam)
WF	= Faktor lebar

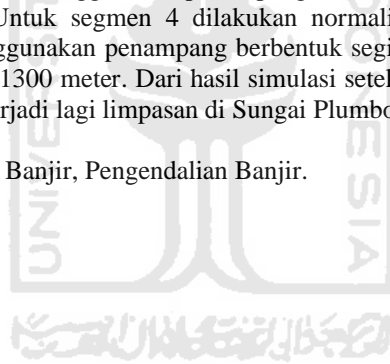
ABSTRAK

Banjir maupun genangan yang ada di wilayah Kota Semarang umumnya terjadi di daerah-daerah yang mempunyai permukaan tanah yang lebih rendah dari permukaan air laut, serta pada daerah-daerah yang di sekitar aliran sungai-sungai yang ada di Kota Semarang. Banjir yang terjadi akibat meluapnya Sungai Plumbon mengakibatkan kerugian yang cukup besar mencakup kerugian fisik dan non fisik. Meluapnya Sungai Plumbon tersebut disebabkan sungai tidak mampu menampung debit banjir yang terjadi.

Analisis dalam penelitian ini menggunakan data curah hujan mulai tahun 2000 sampai tahun 2015 (16 tahun). Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir adalah HSS Nakayasu dan pemodelan banjir menggunakan HEC-RAS 5.0.7. Hasil analisis menggunakan metode HSS Nakayasu didapatkan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun yang mengalir di Sungai Plumbon sebesar $190,36\text{m}^3/\text{detik}$.

Penanganan yang dilakukan dalam upaya untuk mengendalikan banjir dipilih 2 metode struktural, yaitu dengan normalisasi dan pembuatan tanggul. Pengendalian banjir dibagi menjadi 4 segmen, untuk segmen 1 dilakukan normalisasi berbentuk segi empat dengan lebar 25 meter dan tinggi 2,4 meter sepanjang 2000 meter. Untuk segmen 2 dilakukan normalisasi dan pembuatan tanggul. Normalisasi direncanakan menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 25 meter dan tinggi 2,4 meter sepanjang 2000 meter. Untuk segmen 3 dilakukan normalisasi pembuatan tanggul, normalisasi direncanakan menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 25 dan tinggi tanggul 1 meter. Untuk segmen 4 dilakukan normalisasi dan pembuatan tanggul. Normalisasi direncanakan menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 20 meter dan tinggi 1,1 meter sepanjang 1300 meter. Dari hasil simulasi setelah direncanakan pengendalian banjir didapatkan sudah tidak terjadi lagi limpasan di Sungai Plumbon.

Kata Kunci : Sungai Plumbon, Banjir, Pengendalian Banjir.



ABSTRACT

Floods and inundation in the city of Semarang generally occur in areas that have a land surface that is lower than sea level, as well as in areas around rivers in the city of Semarang. Floods that occurred as a result of forgetting the Plumbon River resulted in considerable losses including physical and non-physical losses. The overflowing of the Plumbon River was caused by the river not being able to accommodate the flood discharge that occurred.

The analysis in this study used rainfall data from 2000 to 2015 (16 years). The method used for calculating the flood discharge is HSS Nakayasu and flood modeling using HEC-RAS 5.0.7. The results of the analysis using the HSS Nakayasu method showed that the 50 year return period planned flood discharge that flows in the Plumbon River is 160.17 m³ / second.

Two structural methods were used to control floods, namely normalization and construction of embankments. Control of rectangles into 4 segments, for segment 1, normalization is carried out in the form of a quad with a width of 25 meters and a height of 2.4 meters along 2000 meters. For segment 2, normalization and construction of embankments are carried out. Normalization is planned to use a rectangular cross section with a width of 25 meters and a height of 2.4 meters along 2000 meters. For segment 3, the construction of the embankment is normalized, the planned normalization uses a quad-shaped section with a width of 25 and a height of 1 meter of embankment. For segment 4, normalization and construction of embankments are carried out. Normalization is planned to use a rectangular cross section with a width of 20 meters and a height of 1.1 meters along 1300 meters. From the results of the planning, there is no flood plan in the Plumbon River.

Keywords: *Plumbon River, Flood, Flood Control.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir terjadi disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Dari faktor alam, antara lain disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi, sedimentasi di sepanjang aliran sungai, luas daerah tangkapan sungai, dan morfologi sungai. Sedangkan dari faktor manusia, antara lain disebabkan oleh penebangan hutan secara besar-besaran, perubahan daerah resapan menjadi daerah pemukiman, perawatan sistem drainase kurang baik, dan seringnya masyarakat membuang sampah tidak pada tempatnya.

Banjir maupun genangan yang ada di wilayah Kota Semarang umumnya terjadi di daerah-daerah yang mempunyai permukaan tanah yang lebih rendah dari permukaan air laut, serta pada daerah-daerah yang di sekitar aliran sungai-sungai yang ada di Kota Semarang. Pada kurun waktu 3 tahun terakhir ini banyak terjadi banjir di wilayah Kota Semarang hingga menyebabkan adanya genangan air di jalan dan di permukiman penduduk (BPBD Kota Semarang, 2019).

Sistem Sungai Semarang Barat berada dibawah kewenangan Balai Besar Wilayah Sungai Pemali – Juana, tepatnya terletak di wilayah Kota Semarang. Pada saat ini kondisi sungai-sungai pada Sistem Sungai Semarang Barat, salah satunya Sungai Plumbon mengalami penurunan fungsi. Sungai Plumbon mengalami pendangkalan yang disebabkan oleh kemiringan dasar sungai yang cukup landai. Hal ini mengakibatkan terjadinya sedimentasi sehingga mengurangi kapasitas pengaliran pada Sistem Sungai Semarang Barat. Pada sungai tersebut juga mengalami peningkatan debit akibat tata guna lahan yang berubah di daerah tangkapan air, mengakibatkan peningkatan limpasan permukaan yang diikuti peningkatan laju sedimen serta pemeliharaan tidak memadai. Sungai Plumbon juga sering meluap menggenangi kawasan permukiman, persawahan, tambak, dan jalur transportasi Pantura.

Permasalahan banjir pada beberapa kota di Indonesia ini sudah ada sejak lama dan seringkali menjadi bencana yang merugikan berbagai pihak. Banjir yang terjadi telah mengakibatkan kerugian yang besar pada wilayah yang terkena dampak banjir. Kerugian mencakup kerugian fisik maupun non fisik. Kerugian fisik meliputi kerusakan infrastruktur seperti jalan raya, prasarana pendidikan seperti bangunan sekolah, pemukiman penduduk, serta lahan-lahan pertanian. Kerugian non fisik berupa munculnya korban jiwa dan terganggunya aktivitas kehidupan manusia seperti terputusnya jalur lalu lintas, terganggunya kegiatan perdagangan, pertanian, industri, dan lain-lain. Untuk mengurangi risiko kerusakan dan kerugian akibat banjir terjadinya dibutuhkan upaya pengendalian banjir.

Banyak alternatif yang dilakukan untuk mengurangi kerugian yang diakibatkan terjadinya banjir. Salah satu alternatif penanggulangan banjir adalah dengan normalisasi dan perencanaan tanggul. Pengendalian banjir dengan normalisasi dan perencanaan tanggul Sungai Plumbon merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi banjir di wilayah Kota Semarang. Begitupun yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu perencanaan pada titik-titik sungai yang mengalami banjir dan bagaimana cara penanggulangan banjir yang tepat.

Berdasarkan latar belakang diatas, hal itulah yang akan menjadi dasar pengambilan studi normalisasi pada aliran DAS Plumbon. Dengan judul “*Studi Pengendalian Banjir Sungai Plumbon Dengan Perencanaan Tanggul Dan Normalisasi Sungai*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ini :

1. Berapa besaran debit banjir rencana di Das Plumbon.
2. Bagaimana kondisi penampang sungai Plumbon dari hulu ke hilir.
3. Daerah mana saja yang terjadi luapan banjir di sungai Plumbon.
4. Bagaimana upaya pengendalian banjir pada aliran sungai Plumbon.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ini :

1. Mengetahui karakteristik bencana banjir di aliran sungai Plumbon.
2. Menganalisis penyebab permasalahan banjir yang terjadi di sungai Plumbon.
3. Merencanakan tanggul untuk mengatasi bencana banjir di sungai Plumbon.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk mengurangi dampak limpasan banjir di Sungai Plumbon akibat menurunnya daya tampung sungai, dan menghasilkan suatu upaya pengendalian banjir di Sungai Plumbon.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Lokasi sungai Plumbon di Kecamatan Tugu, Kota Semarang.
2. Debit yang diperhitungkan adalah debit kala ulang 50 tahun (didasarkan pada Peraturan Pemerintah No.38 Tahun 2011 Pasal 42 Tentang Sungai).
3. Pemodelan hidrolika menggunakan program HEC-RAS 5.0.7.
4. Data hujan yang digunakan merupakan data yang di dapat dari stasiun penakar hujan di sekitar lokasi penelitian.
5. Erosi, sedimentasi dan pasang-surut air laut tidak diperhitungkan.
6. Durasi genangan tidak dihitung dalam penelitian ini.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sebagai bahan referensi pada penelitian ini, maka pada bab ini akan dipaparkan beberapa studi serupa yang pernah dilakukan beserta hasil penelitiannya. Adapun penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

2.1.1 Mitigasi Risiko Bencana Banjir Di Sungai Beringin

Iqbal Gifani (2019) melakukan penelitian tentang mitigasi risiko bencana banjir di sungai Beringin. Secara administratif, Sungai Beringin berada di Kecamatan Semarang Barat dan melintas di kawasan penduduk, jalur lintas pantai utara (Pantura), serta kawasan pertanian dan pertambakan. Sungai Beringin merupakan salah satu sungai yang masuk dalam Sistem Drainase Semarang Barat, yang hampir setiap terjadi hujan dengan curah hujan tinggi mengalami limpasan.

Metode yang digunakan pada penelitian terdiri dari 3 bagian yaitu analisis hidrologi, analisis hidrolika, dan analisis pengendalian banjir. Analisis hidrologi mencari curah hujan rencana, distribusi hujan menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III dengan uji *Smirnov-Kolmogorov*, koefisien pengaliran, hidrograf satuan sintesis Nakayasu, debit banjir rencana dan penelusuran banjir. Analisis hidrolika mencari nilai koefisien kekasaran, kapasitas Sungai Beringin, dan permodelan hidrolika dengan program aplikasi HEC-RAS. Analisis pengendalian banjir dengan memilih infrastruktur pengendali banjir dan analisis debit banjir kemudian menetapkan infrastruktur pengendali banjir yang sesuai.

Dari hasil penelitian, daerah yang paling terdampak berada di Kelurahan Mangkang Wetan, tepatnya di ruas hilir Sungai Beringin. Upaya pengurangan risiko banjir dengan metode struktural dan metode non struktural. Metode struktural dengan membuat kolam retensi belum sepenuhnya efektif untuk mengurangi limpasan dari debit Sungai Beringin. Pengurangan risiko bencana lebih efektif

dilakukan dengan normalisasi alur sungai sepanjang ± 3560 meter. Metode non struktural adalah dengan membuat kegiatan-kegiatan normatif untuk mencegah dampak dari banjir akibat limpasan sungai.

2.1.2 Studi Evaluasi Dan Upaya Pengendalian Banjir Pada Sungai Rangkui Bagian Hilir

Maspriyo (2018) melakukan penelitian tentang studi mengenai upaya pengendalian banjir pada sungai Rangkui bagian hilir. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung mengalami banjir bandang setelah intensitas hujan yang begitu besar yaitu tiga hari hujan tanpa henti. Ditambah oleh pendangkalan sungai dan naiknya permukaan air laut sehingga salah satu sungai/kali yang ada di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung tepatnya Kota Pangkalpinang, yaitu Sungai Rangkui tidak dapat menampung debit air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahunan dan mengetahui alternatif solusi pengendali banjir yang sesuai dan aman dengan kondisi lingkungan sekitar pada Sungai Rangkui bagian hilir.

Metode yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari analisis hidrologi dan analisis hidraulika. Analisis hidrologi menggunakan program aplikasi HEC-HMS untuk menghitung debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun dan analisis hidraulika menggunakan program aplikasi HEC-RAS.

Hasil penelitian Tugas Akhir mendapatkan debit banjir rancangan kala ulang 2, 10, 25, dan 50 tahun dengan program aplikasi HEC-HMS masing-masing sebesar 148,1 m³/det, 219,6m³/det, 245 m³/det, dan 260,7 m³/det. Sedangkan, debit banjir rancangan metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu masing-masing sebesar 68,8030 m³/det, 118,3560 m³/det, 135,8349 m³/det, dan 146,5710 m³/det. Alternatif solusi pengendalian banjir pada Sungai Rangkui bagian hilir adalah menggunakan tanggul pasangan batu dengan kemiringan talut 0,5:1. Tinggi tanggul yang dibutuhkan untuk mencegah debit banjir kala ulang 50 tahun adalah 3 meter.

2.1.3 Analisa Pengendalian Banjir Sungai Cirasea, Kecamatan Ciparay, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Rama Dhani (2019) melakukan penelitian tentang studi mengenai upaya pengendalian banjir pada sungai Cirasea, Kecamatan Ciparay, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Sungai Cirasea merupakan sungai yang melintas di tengah pemukiman padat penduduk. Pada saat musim hujan yang berkepanjangan, air banjir akan meluap ke pemukiman dan perkebunan milik warga. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan solusi pengendalian banjir dengan kala ulang banjir 25 tahun agar tidak terjadi limpasan yang merugikan warga sekitar Sungai Cirasea.

Adapun metode yang dilakukan dalam upaya pengendalian banjir Sungai Cirasea ini adalah dengan tahap analisis pendahuluan dalam bidang hidrologi dengan tujuan mendapatkan debit banjir rencana, tahap penyusunan pola pengendalian banjir, meliputi kegiatan penyusunan alternatif-alternatif penanggulangan banjir, serta tahap perencanaan dan penggambaran rencana desain penanggulangan banjir.

Hasil penelitian Tugas Akhir mendapatkan puncak banjir rancangan menggunakan HSS Nakayasu dengan debit sebesar 200,310 m³/detik dan HSS SCS dengan debit sebesar 282,441 m³/detik. Perencanaan pengendalian banjir dilakukan dengan cara menggali dasar sungai dan tebing sungai. Perencanaan tanggul sungai dilakukan pada *cross section* yang masih mengalami banjir setelah normalisasi sungai.

2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini mengambil topik tentang pengendalian banjir yang mana penelitian-penelitian serupa juga pernah dilakukan. Namun demikian penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya, adapun perbedaan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Perbedaan		
		Substansi	Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
1	Iqbal Gifani, (2019). Mitigasi Risiko Bencana Banjir Di Sungai Beringin	Lokasi Penelitian	Sungai Beringin	Sungai Plumbon
		Penyebab Banjir	Pendangkalan Akibat Sedimentasi	Penyempitan Alur dan Pendangkalan
		Metode Analisis Banjir	HSS Nakayasu	HSS Nakayasu
		Penanganan	Normalisasi dan Tanggul	Normalisasi dan Tanggul
2	Maspriyo, (2018). Studi Evaluasi Dan Upaya Pengendalian Banjir Pada Sungai Rangkui Bagian Hilir	Lokasi Penelitian	Sungai Rangkui	Sungai Plumbon
		Penyebab Banjir	Pendangkalan Akibat Sedimentasi	Penyempitan Alur dan Pendangkalan
		Metode Analisis Banjir	HSS Nakayasu	HSS Nakayasu
		Penanganan	Normalisasi dan Tanggul	Normalisasi dan Tanggul
3	Rama Dhani, (2019). Analisa Pengendalian Banjir Sungai Cirasea, Kecamatan Ciparay, Kabupaten Bandung, Jawa Barat	Lokasi Penelitian	Sungai Cirasea	Sungai Plumbon
		Penyebab Banjir	Perubahan Tata Guna Lahan	Penyempitan Alur dan Pendangkalan
		Metode Analisis Banjir	HSS Nakayasu dan HSS SCS	HSS Nakayasu
		Penanganan	Normalisasi dan Tanggul	Normalisasi dan Tanggul

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Banjir

Menurut KBBI atau Kamus Besar Bahasa Indonesia, pengertian banjir adalah berair banyak dan juga deras, kadang-kadang meluap. Banjir berasal dari aliran limpasan yang mengalir melalui sungai atau menjadi genangan. Limpasan adalah aliran air mengalir pada permukaan tanah yang ditimbulkan oleh curah hujan setelah air mengalami infiltrasi dan evaporasi, selanjutnya mengalir menuju ke sungai sehingga limpasan mempresentasikan output dari daerah aliran sungai yang ditetapkan dengan satuan waktu (Kodoatie, 2013). Menurut (Suripin,2004), banjir adalah suatu kondisi tidak tertampungnya air dalam saluran pembuangan atau terhambatnya aliran air didalam saluran pembuangan, sehingga meluap menggenangi daerah disekitarnya.

Bencana banjir tidak bisa diprediksi kapan terjadi, namun saat curah hujan tinggi biasanya sering mengakibatkan bencana banjir. Banjir adalah suatu peristiwa alam yang mengancam dan mengganggu kehidupan manusia. Banjir yang terjadi dapat mengakibatkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di daerah hulu biasanya airnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di daerah hilir arusnya tidak deras (karana landai), tetapi durasinya panjang.

3.1.1 Faktor Penyebab Banjir

Menurut Kodoatie dan Sugiyanto (2002), faktor yang menyebabkan banjir dapat dikelompokkan menjadi 2 kategori, yaitu banjir yang disebabkan oleh penyebab alami dan banjir yang diakibatkan oleh tindakan manusia.

1. Banjir yang disebabkan oleh sebab-sebab alamiah diantaranya curah hujan, pengaruh fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase yang tidak memadai, dan pengaruh air pasang.

2. Banjir yang disebabkan oleh tindakan manusia adalah perubahan kondisi DAS, kawasan kumuh, sampah, kerusakan bangunan pengendali banjir, dan perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat.

Menurut (Kodoatie dan Sjarief, 2006), perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir dibandingkan dengan yang lainnya, perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada aliran permukaan (*run-off*). Hujan yang jatuh ke tanah, airnya akan menjadi aliran permukaan di atas tanah dan sebagian meresap ke dalam tanah tergantung kondisi tanahnya. Suatu kawasan hutan apabila diubah menjadi pemukiman maka yang akan terjadi adalah hutan yang semulanya bisa menahan *run-off* cukup besar diganti menjadi kawasan pemukiman dengan resistensi *run-off* yang kecil. Akibatnya ada peningkatan aliran permukaan tanah yang menuju sungai dan hal ini berakibat adanya peningkatan debit sungai yang besar sehingga terjadilah banjir.

3.1.2 Dampak Bencana Banjir

Menurut Robert.J.Kodoatie (2002), konsekuensi dari perkembangan infrastruktur adalah perubahan tata guna lahan dari pemanfaatan kawasan untuk perlindungan menjadi kondisi buatan manusia untuk pemenuhan kebutuhan hidupnya. Karena perubahan tata guna lahan cenderung merubah saja tanpa memperhitungkan dampaknya maka salah satu kerugian nyata adalah kerugian banjir yang terus meningkat. Persoalan banjir secara lebih detail tak sekedar persoalan teknis atau rekayasa namun merupakan persoalan multi aspek dan multi dimensi. Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu faktor kunci meningkatnya persoalan banjir.

Kerugian akibat banjir pada umumnya relatif dan sulit diidentifikasi secara jelas, terdiri dari kerugian banjir akibat banjir langsung dan tak langsung. Kerugian akibat banjir langsung, merupakan kerugian fisik atau rusaknya infrastruktur akibat banjir yang terjadi. Sedangkan kerugian yang timbul akibat banjir secara tak langsung, seperti terganggunya sistem komunikasi, terganggunya kesehatan,

pendidikan, pertanian, industri dan lain-lain. Selain itu bencana banjir dapat mengakibatkan trauma psikis akibat kehilangan harta benda dan keluarga.

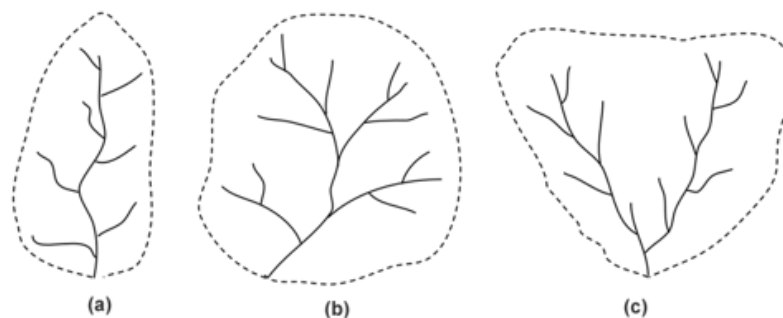
3.2 Daerah Aliran Sungai

DAS merupakan suatu kawasan yang dibatasi oleh batasan-batasan topografi secara alami merupakan wilayah hidrologi dengan sungai dan anak-anak sungai sebagai komponen utama untuk mengalirkan setiap air hujan, sedimen dan unsur lainnya pada sungai ke suatu pengeluaran (*outlet*) dan titik-titik pengukuran debit aliran, sedimen, dan kualitas air suatu sungai.

Nama sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol, yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Memperhatikan hal tersebut berarti sebuah DAS dapat merupakan bagian dari DAS lain (Sri Harto, 1993). Dalam sebuah DAS kemudian dibagi dalam area yang lebih kecil menjadi sub-DAS. Penentuan area sub-DAS ini berdasarkan batas alam seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti tanggul atau tanggul air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*).

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar terhadap aliran permukaan meliputi (Suripin, 2004) :

1. Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS, melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luasnya DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi) dan juga penyebaran atau intensitas hujan. Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf-hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama.



Gambar 3. 1 DAS (a) Memanjang (b) Radial (c) Pararel
(Sumber: Joesron Loebis, 1993)

Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar. Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS yang melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air dititik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak diseluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung lainnya. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terpaut banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran dari mengecil/ habis.

2. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan parit atau saluran dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit/ saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi, sehingga memperbesar laju aliran permukaan.

3. Tata Guna Lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C=0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C =1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan.

3.3 Hujan Rancangan

Dalam penentuan curah hujan data yang diperoleh dari stasiun pencatat atau penakar curah hujan hanya data curah hujan pada satu titik pengamatan (point rainfall). Satu titik pengukuran curah hujan tidak dapat mewakili volume curah hujan pada keseluruhan areal, sehingga data yang diperoleh harus diolah terlebih dahulu menjadi data hujan daerah aliran sungai (areal rainfall). Untuk mendapatkan nilai curah hujan areal dapat dihitung dengan beberapa metode diantaranya sebagai berikut ini.

1. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode perhitungan dengan mengambil nilai rata-rata curah hujan dari semua tempat pengukuran dalam suatu periode tertentu. Metode ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya apabila topografi rata atau datar, stasiun hujan banyak dan tersebar merata diseluruh areal, dan hasil penakaran masing-masing stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata hujan seluruh stasiun hujan di seluruh area. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

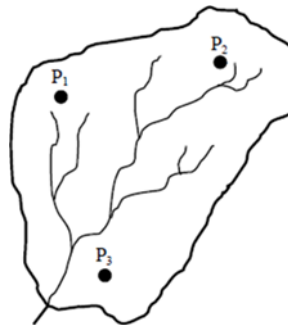
$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (3.1)$$

Dengan :

\bar{p} = Curah hujan rata-rata daerah (mm),

N = Jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan, dan

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan pada stasiun 1,2,...,n (mm),



Gambar 3. 2 Stasiun Hujan di Suatu DAS
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

2. Metode *Polygon Thiesen*

Metode berdasarkan rata-rata timbang. Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung diantara dua pos penakar. Metode poligon thiesen digunakan apabila daerah pengaruh dan curah hujan tiap stasiun berbeda-beda. Hal yang harus diperhatikan dalam metode *polygon thiesen* ini adalah stasiun pengamatan minimal tiga stasiun dan penambahan stasiun akan merubah seluruh jaringan. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

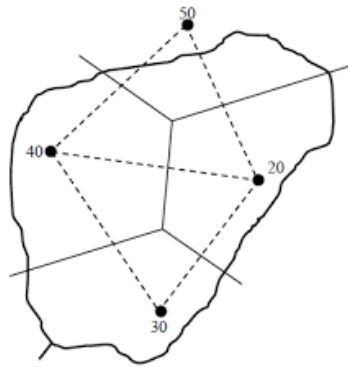
$$\bar{P} = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.2)$$

Dengan :

\bar{P} = Curah hujan rata-rata daerah (mm),

P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan pada stasiun 1,2,...,n (mm), dan

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n.



Gambar 3. 3 Metode *Polygon Thiessen*
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

3. Metode *Isohyet*

Pada metode *isohyet*, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara garis *isohyet* adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis *isohyet* tersebut. Metode ini adalah cara yang paling teliti untuk mendapatkan nilai hujan areal rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat untuk membuat *isohyet*. Curah hujan areal dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

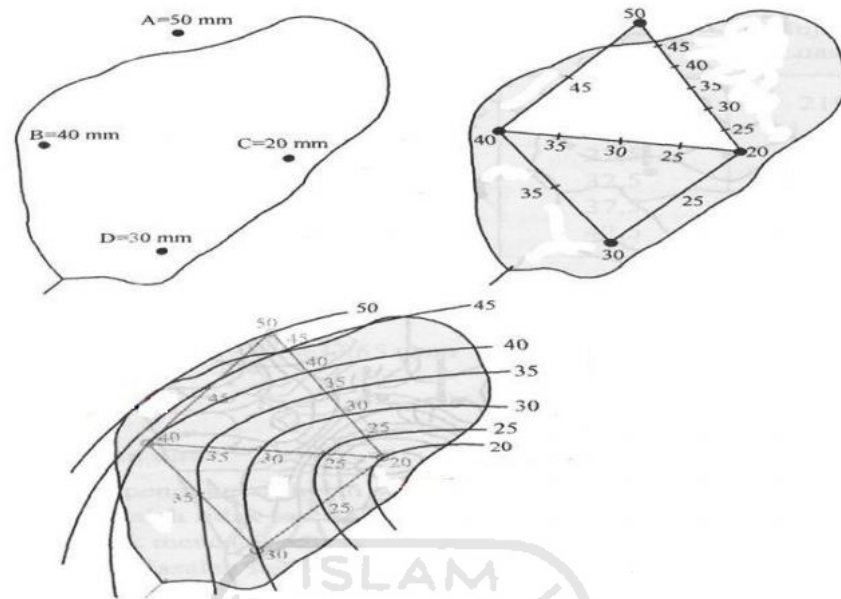
$$\bar{P} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.3)$$

Dengan :

\bar{P} = Curah hujan rata-rata daerah (mm),

I_1, I_2, \dots, I_n = Garis Isohiet ke 1, 2, 3 ..., n, n+1,

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, 2 dan 3, ..., n dan n + 1



Gambar 3. 4 Ilustrasi Metode *Isohyet*
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

3.4 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi merupakan suatu prosedur untuk memperkirakan frekuensi dari suatu kejadian pada masa lalu atau masa yang akan datang. Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan hujan rencana dalam berbagai periode ulang berdasarkan distribusi yang paling sesuai antara distribusi hujan secara teoritik dengan distribusi hujan secara empirik. Komponen data yang digunakan dalam analisis frekuensi adalah data debit sungai atau hujan maksimum tahunan (Bambang Triatmodjo, 2008).

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut ini.

1. Parameter Statistik

Parameter statistik yang akan digunakan dalam perhitungan analisis meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), deviasi standar (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s), koefisien kurtosis (C_k). Adapun untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- a. Nilai Rata-rata dari parameter statistik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (3.4)$$

Dengan :

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan,

X_n = Data ke n,

N = Banyak data.

- b. Deviasi Standar

Deviasi standar merupakan ukuran sebaran yang paling banyak digunakan. Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S_x akan besar, akan tetapi apabila nilai penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai S_x akan kecil. Standar deviasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.5)$$

Dengan :

S = Standar deviasi,

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan,

X = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i, dan

N = Banyak data.

- c. Koefisien Variasi (C_v)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara nilai deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (3.6)$$

Dengan :

C_v = Koefisien variasi,

S = Standar deviasi,

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan,

d. Koefisien Skewness (Cs)

Koefisien Skewness adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrian dari suatu bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*), dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (3.7)$$

Dengan :

Cs = Koefisien kemencengan,

S = Standar deviasi,

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan,

X_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

e. Koefisien Kurtosis (Ck)

Pengukuran Kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi. Biasanya hal ini dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien Kurtosis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (3.8)$$

Dengan :

Ck = Koefisien kurtosis,

S = Standar deviasi,

\bar{X} = Nilai rata-rata curah hujan,

X_i = Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i.

2. Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan distribusi mempunyai beberapa metode yaitu, distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel, dan distribusi Log Pearson III. Dalam pemilihan jenis distribusi harus memenuhi syarat parameter statistik masing-masing distribusi sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No.	Distribusi	Syarat
1	Distribusi Normal	Skewness $C_s = 0$
		Kurtosis $C_k = 3$
		Prob $X < (X_{rt} - S) = 15,87 \%$
		Prob $X < X_{rt} = 50\%$
		Prob $X < (X_{rt} + S) = 84,14 \%$
2.	Distribusi Log Normal	$C_s = 3 C_v$
		$C_s > 0$
3.	Distribusi Gumbel	$C_s = 1,396$
		$C_k = 5,4002$
4.	Distribusi Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

a. Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal banyak digunakan untuk menghitung frekuensi curah hujan, analisis statistik curah hujan tahunan, dan debit rata-rata tahunan. Sebaran normal atau kurva normal disebut pula sebaran Gauss. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut ini.

$$X_{tr} = \bar{X} + S \cdot K \quad (3.9)$$

Dengan :

X_t = Besar curah hujan yang terjadi kala ulang T tahun (mm),

\bar{X} = Nilai rerata data curah hujan,

K = Faktor frekuensi,

S = Standar deviasi.

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik varian X . Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode ini adalah sebagai berikut ini.

$$\log X_{TR} = \log \bar{X} + S_{\log} \cdot K \quad (3.10)$$

c. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode sebaran Gumbel digunakan persamaan distribusi sebagai berikut ini.

$$K = \frac{Y_t}{S_n} \quad (3.11)$$

$$Y_t = -\ln \left[tr \frac{T_r - 1}{T_r} \right] \quad (3.12)$$

Dengan :

K = Faktor frekuensi,

Y_t = Faktor reduksi Gumbel,

Y_n = *Reduce mean*, dan

S_n = *Reduce standar deviation*.

d. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut.

$$X_{TR} = \bar{X} + S.K_{TR} \quad (3.13)$$

Dengan :

X_{TR} = Nilai logaritma dari x berdasarkan periode ulang tertentu,

\bar{X} = Rata-rata logaritma X,

S = Deviasi standar nilai Y, dan

K_{TR} = Faktor frekuensi.

3. Uji kebenaran Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran ini digunakan untuk menguji sebaran data apakah memenuhi syarat untuk data perencanaan. Pengujian kebenaran ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu, *Chi-Kuadrat* dan *Smirnov Kolmogorov*.

Umumnya pengujian dilakukan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang dan menentukan apakah data tersebut merupakan garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data pengamatan terhadap kurva teoritisnya (Soewarno, 1995).

a. Uji *Chi-Kuadrat*

Uji kebenaran *Chi-Kuadrat* digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sample data yang dianalisis didasarkan pada jumlah pengamatan yang diharapkan pada pembagian kelas dan ditentukan terhadap jumlah data pengamatan yang terbaca di dalam kelas tersebut atau dengan membandingkan nilai *Chi-Square* (χ^2) dengan nilai *Chi-Square* kritis (χ^2_{cr}). Uji kecocokan *Chi-Square* menggunakan rumus (Soewarno, 1995):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{Of - Ef}{Ef} \right)^2 \quad (3.14)$$

dengan :

- χ^2 = Nilai *Chi-Kuadrat* terhitung,
- Ef = Frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya,
- Of = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,
- N = Jumlah sub kelompok dalam satu grup.

b. Uji *Smirnov Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Apabila harga Δ_{max} yang terbaca pada kertas probabilitas lebih kecil dari Δ kritis maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila Δ_{max} lebih besar dari Δ kritis maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima. (Soewarno, 1995)

3.5 Distribusi Hujan Jam-Jaman

Intesitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air berbanding dengan satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi. Menurut Mononobe, perhitungan hujan rancana dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.15)$$

dengan :

- I_t = Intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm),
- t = Lamanya curah hujan (jam), dan
- R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam.

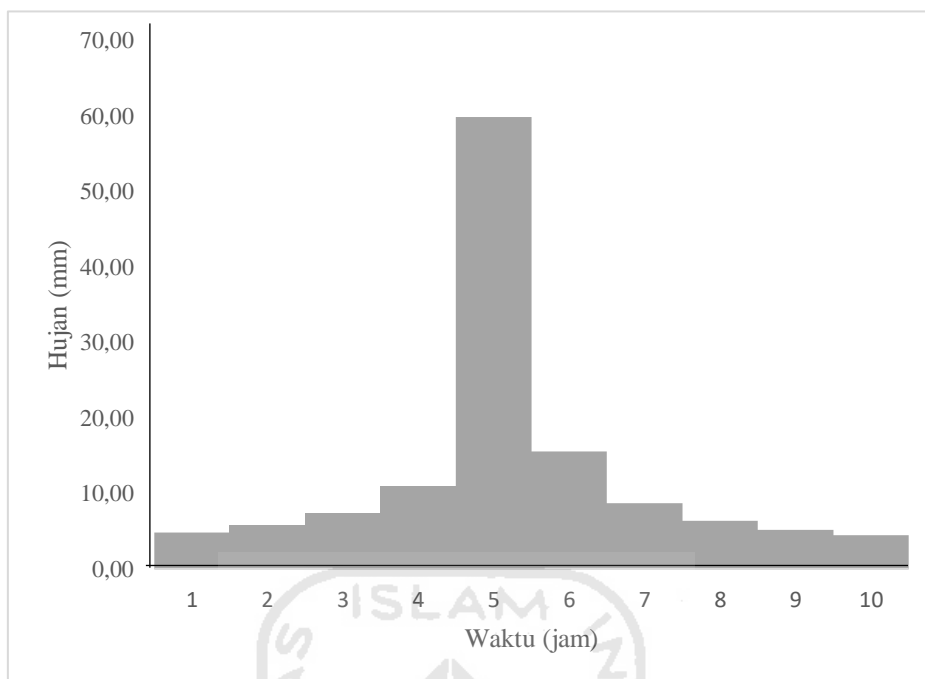
Nilai R_{24} didapatkan dari hujan rancangan. Dalam hal ini dari durasi hujan (t) sama dengan waktu konsentrasi (t_c). Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Waktu konsentrasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut ini.

$$T_c = \left(\frac{0,8 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,835} \quad (3.16)$$

Dengan :

- T_c = Waktu konsentrasi (jam),
- L = Panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km),
- S = Kemiringan rata-rata saluran utama.

Mentransformasi curah hujan rancangan menjadi debit banjir rancangan diperlukan curah hujan jam-jaman. Pada umumnya data hujan yang tersedia pada suatu stasiun meteorologi adalah curah hujan harian, artinya data yang tercatat secara kumulatif selama 24 jam. Distribusi hujan jam-jaman dihitung berdasarkan metode *Alternating Block Methode* (ABM). Metode ini merupakan cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva IDF (Chow, 1988 dalam Triatmodjo 2008).



Gambar 3. 5 Hyetograph dengan Alternating Block Methode (ABM)

(Sumber : Himawan Yudhantoko, 2020)

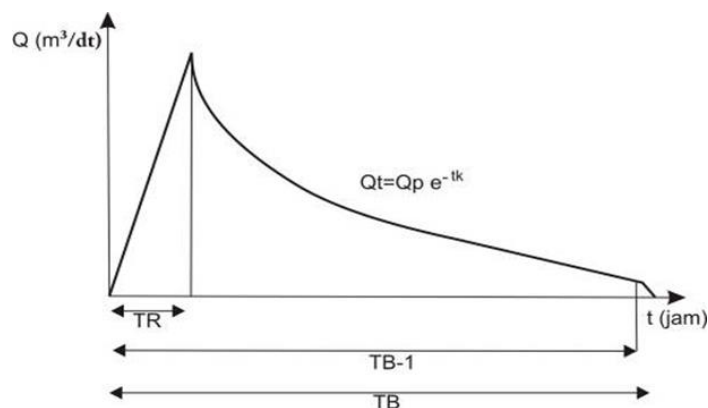
3.6 Hidrograf Satuan Sintetis

Metode hidrologi yang banyak digunakan untuk menganalisis debit sungai untuk prakiraan debit banjir rencana adalah metode hidrograf satuan. Menurut Sri Harto (1993), hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung (*direct runoff hydrograph*) yang dihasilkan hujan secara merata diseluruh DAS dan dengan intensitas tetap, dalam satu satuan waktu yang ditetapkan. Hidrograf satuan tersebut dapat dibuat apabila tersedia data seperti rekaman *Automatic Water Level Recorder* (AWLR), data *Automatic Rain Recorder* (ARR), data curah hujan harian, dan data hujan jam-jaman. Akan tetapi data-data tersebut tidak selalu ada pada setiap wilayah yang ingin dikaji, sehingga dikembangkan suatu metode hidrograf satuan sintetis untuk mengatasi masalah tersebut. (Sri Harto, 1993).

3.6.1 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

Hidrograf satuan sintetis Gama I dikembangkan oleh Sri Harto (1993) berdasar perilaku hidrologis 30 DAS di pulau jawa. Meskipun diturunkan dari data

DAS di Pulau Jawa, ternyata hidrograf satuan sintetis Gama I juga berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia.



Gambar 3. 6 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gama I
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

HSS Gama I terdiri dari empat variabel pokok, yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Q_p), waktu dasar (Q_b), dan sisi resesi yang ditentukan oleh nilai koefisien tampungan (K) yang mengikuti persamaan sebagai berikut ini.

$$Q_t = Q_p e^{-t/K} \quad (3.17)$$

dengan :

Q_t = Debit pada jam ke t ($m^3/detik$)

Q_p = Debit puncak ($m^3/detik$)

T = Waktu dari saat terjadinya debit puncak (jam)

K = Koefisien tampungan (jam)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam HSS Gama I adalah :

1. Waktu puncak HSS Gama I (TR)

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1.0665SIM + 1.2775 \quad (3.18)$$

2. Debit Puncak Banjir (Q_p)

$$Q_p = 0,1836A^{0,5886} TR^{-0,4008} JN^{-0,2831} \quad (3.19)$$

3. Waktu dasar (TB)

$$TB = -27.43132 \times TR^{0.1457} \times S^{-0.00986} \times RUA^{0.2574} \quad (3.20)$$

4. Koefisien tampungan (K)

$$K = 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times D^{0,0452} \quad (3.21)$$

5. Aliran dasar (QB)

$$QB = 0,4715 \times A^{0,5886} \times D^{0,943} \quad (3.22)$$

dengan :

- A = Luas DAS (Km²),
- L = Panjang sungai utama (Km),
- S = Kemiringan dasar sungai,
- SF = Faktor sumber perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai-sungai semua tingkat,
- SN = Frekuensi sumber, perbandingan antara jumlah pangsa sungai-sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai-sungai semua tingkat,
- WF = Faktor lebar, perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik di sungai yang berjarak 0,75 L dengan lebar DAS yang diukur di titik di sungai yang berjarak 0,25 L dari stasiun hidrometri,
- JN = Jumlah pertemuan sungai, jumlah pertemuan sungai di dalam DAS tersebut,
- RUA = Luas DAS sebelah hulu, perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melewati titik tersebut,
- SIM = Faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu,
- D = Kerapatan jaringan kurus, jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS.

3.6.2 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Metode Nakayasu dikembangkan di Jepang oleh Dr. Nakayasu pada tahun 1940. Metode Nakayasu merupakan salah satu metode yang sering digunakan pada DAS di Indonesia.

Adapun persamaan yang digunakan dalam analisis hidrologi menggunakan metode HSS Nakayasu adalah sebagai berikut ini.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot R_e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \quad (3.23)$$

$$T_p = t_g + 0,8T_p \quad (3.24)$$

$$t_g = 0,4 + 0,58L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ Km} \quad (3.25)$$

$$t_g = 0,21L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ Km} \quad (3.26)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \quad \text{sampai } t_g \quad (3.27)$$

$$t_r = 0,5t_g \quad (3.28)$$

dengan :

Q_p = Debit puncak banjir ($m^3/detik$),

R_e = Hujan satuan (mm),

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam),

t_r = Satuan waktu dari curah hujan (jam),

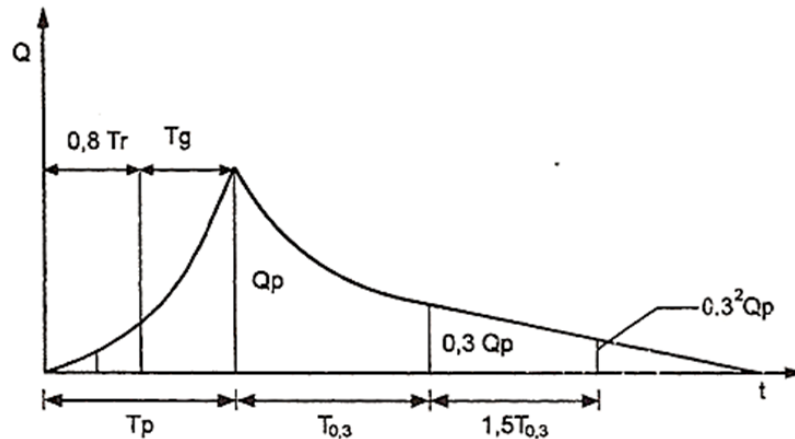
t_g = Waktu konsentrasi (jam),

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

A = Luas daerah pengaliran sampai *outlet* (km^2),

α = Koefisien karakteristik DAS, biasanya diambil nilai 2 (dua), dan

L = Panjang sungai utama (km).



Gambar 3. 7 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

Bentuk hidrograf satuan diberikan oleh persamaan berikut:

1. Pada kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (3.29)$$

2. Pada kurva turun ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}} \quad (3.30)$$

3. Pada kurva turun ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{[(t-T_p)+0,5 T_{0,3}]}{(1,5 T_{0,3})}} \quad (3.31)$$

4. Pada kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\frac{[(t-T_p)+1,5 T_{0,3}]}{(2 T_{0,3})}} \quad (3.32)$$

3.7 Hidrolika

Hidrolika mempelajari sifat-sifat zat cair dan menyelenggarakan pemeriksaan untuk mendapatkan rumus-rumus dan hukum-hukum zat cair dalam keadaan setimbang (diam) dan dalam keadaan bergerak. Analisis hidrolika dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana dari studi terdahulu dan hasil pengamatan yang diperoleh. Analisis

hidrolika dilakukan sepanjang saluran untuk mendapatkan dimensi saluran yang diinginkan, yaitu ketinggian muka air sepanjang alur sungai yang ditinjau.

3.7.1 Analisis Penampang Eksisting Sungai

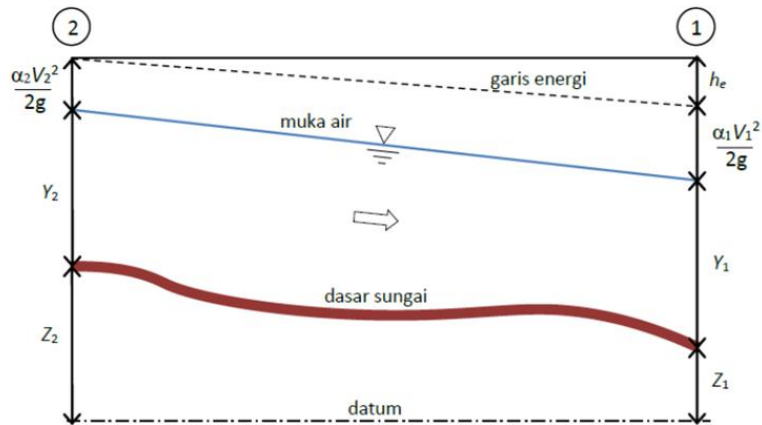
Analisis penampang eksisting sungai dengan menggunakan program HEC-RAS 5.0.7. Komponen sistem modeling ini dimaksudkan untuk menghitung profil permukaan air untuk arus bervariasi secara berangsur-angsur tetap (*steady gradually varied flow*). Sistem mampu menangani suatu jaringan saluran penuh, suatu sistem *dendritic*, atau sungai tunggal. Komponen ini mampu untuk memperagakan *subcritical*, *supercritical*, dan campuran kedua jenis profil permukaan air.

Profil muka air dihitung dari satu potongan melintang ke potongan melintang selanjutnya dengan pemecahan persamaan energi dengan suatu onteraktif prosedur disebut metode langkah standar. Persamaan energi ditulis sebagai berikut.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (3.33)$$

Dengan :

- Y_1, Y_2 = Elevasi air di penampang melintnag (m),
- Z_1, Z_2 = Elevasi penampang utama (m),
- V_1, V_2 = Kecepatan rata-rata (total pelepasan / total area aliran)
(m/detik)
- A_1, α_2 = Besar koefisien kecepatan,
- G = Percepatan gravitasi (m/detik)
- h_e = Tinggi energi (m).



Gambar 3. 8 Penggambaran Persamaan Energi pada Saluran Terbuka

(Sumber: Istiarto, 2014)

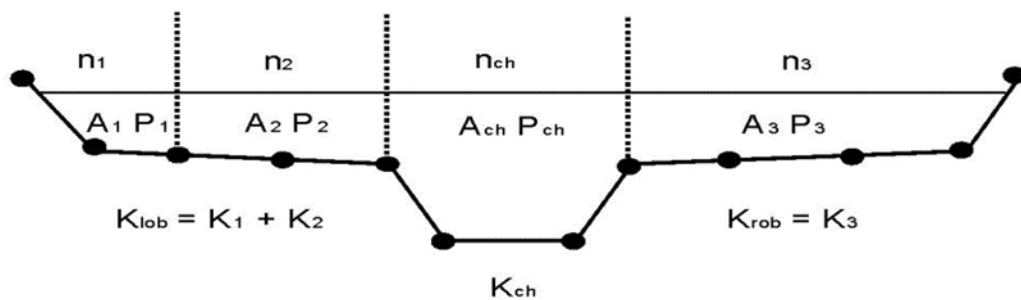
$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \tag{3.34}$$

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \tag{3.36}$$

$$Q = K S_f^{1/2} \tag{3.36}$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \tag{3.37}$$

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{p} \right]^{2/3} \tag{3.38}$$



Gambar 3. 9 Metode HEC-RAS Tentang Kekasaran Dasar Saluran
(Sumber : Army Corps of Engineers Hidraulic Engineering Center, 2010)

Dengan :

- L = Panjangnya antar dua penampang melintang,
 S = Kemiringan energi antar dua penampang melintang,
 C = Koefisien kontraksi atau ekspansi,
 L_{Lob}, L_{Ch}, L_{Rob} = Panjang jangkauan antar dua potongan melintang yang berturut-turut untuk arus di dalam tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan,
 Q_{Lob}, Q_{Ch}, Q_{Rob} = Perhitungan rata-rata debit yang berturut-turut untuk arus antara bagian tepi kiri, saluran utama, dan tepi kanan,
 K = Kekasaran dasar untuk tiap bagian,
 N = Koefisien kekasaran *Manning* untuk tiap bagian,
 A = Area arus untuk tiap bagian,
 R = Radius hidrolis untuk tiap bagian (area: garis keliling basah),
 Nc = Koefisien padanan atau gabungan kekasaran,
 P = Garis keliling basah keseluruhan saluran utama,
 Pi = Garis keliling basah bagian I,
 Ni = Koefisien kekasaran untuk bagian i.

3.7.2 Perencanaan Penampang Sungai Rencana

Faktor yang harus diperhatikan dalam mendesain bentuk penampang melintang normalisasi sungai adalah perbandingan antara debit dominan dan debit banjir. Untuk menambah kapasitas pengaliran pada waktu banjir, dibuat penampang ganda, dengan menambah luas penampang basah dari pemanfaatan bantaran sungai.

Bentuk penampang sungai sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang berdasarkan kapasitas pengaliran, yaitu:

$$Q_{Banjir} = A \times V \quad (3.39)$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (3.40)$$

$$Q_{Banjir} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \times A \quad (3.41)$$

$$R = A/P$$

Dengan :

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{detik),}$$

$$A = \text{Luas Penampang Saluran (m}^2\text{),}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran (m/detik),}$$

$$N = \text{Kekasaran Manning,}$$

$$R = \text{Jari – jari hidrolik (m),}$$

$$P = \text{Keliling basah (m), dan}$$

$$S = \text{Kemiringan saluran.}$$

Berdasarkan rumus diatas diketahui bahwa kapasitas penampang dipengaruhi oleh kekasaran penampang. Hal ini dapat dilihat dari koefisien bentuk kekasaran penampang yang telah ditetapkan seperti terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Nilai Koefisien *Manning*

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0.01	0.011	0.013
	Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0.011	0.013	0.014
	Beton dipoles	0.011	0.012	0.014
	Saluran pembuang dan bak kontrol	0.013	0.015	0.017
2	Tanah lurus dan seragam			
	Bersih baru	0.016	0.018	0.02
	Bersih telah melapuk	0.018	0.022	0.025
	Berkerikil	0.022	0.025	0.03
	Berumput pendek , sedikit tanaman pengganggu	0.022	0.027	0.033
3	saluran alam			
	Bersih lurus	0.025	0.03	0.033
	Bersih berkelok-kelok	0.033	0.04	0.045
	Banyak tanaman pengganggu	0.05	0.07	0.08
	Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0.025	0.03	0.035
	Saluran di belukar	0.035	0.05	0.07

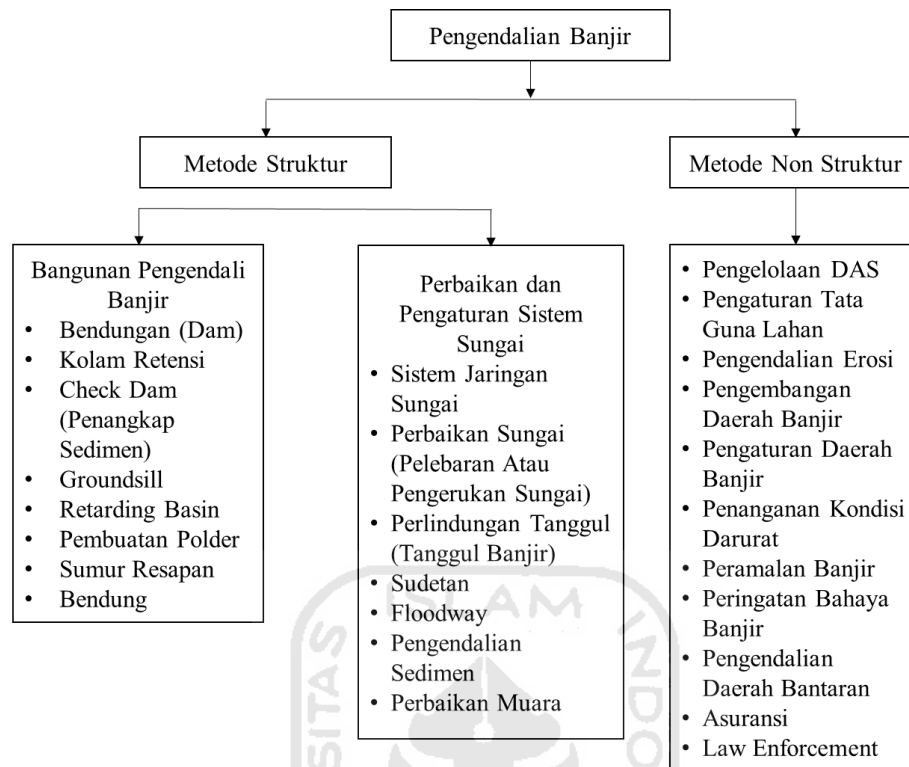
(Sumber : Ven Te Chow, 1959)

3.8 Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir merupakan bagian dari pengelolaan sumber daya air yang lebih spesifik untuk mengendalikan debit banjir umumnya melalui dam-dam pengendali banjir, atau peningkatan sistem pembawa (sungai, drainase) dan pencegahan hal yang berpotensi merusak dengan cara mengelola tata guna lahan dan daerah banjir. (Grigg, 1996 dalam Kodoatie & Sugiyanto, 2002), menyebutkan terdapat 4 (empat) strategi dasar dalam pengelolaan daerah banjir, yang meliputi :

1. Modifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tata guna lahan).
2. Modifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bantuan pengontrol (waduk) atau normalisasi sungai.
3. Modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknis mitigasi seperti asuransi, penghindaran banjir (*flood proofing*).
4. Pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariaannya seperti penghijauan.

Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas dapat direncanakan suatu sistem pengendalian banjir, dengan berbagai metode mulai dari hulu hingga hilir yang mungkin dapat dilaksanakan. Metode pengendalian banjir dapat dilaksanakan secara struktur dan non struktur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Pengendalian Banjir Dengan Metode Struktur Dan Non Struktur
(Sumber : Kodoatie,Sugiyanto, 2002)

3.8.1 Normalisasi Sungai

Normalisasi sungai terutama dilakukan berkaitan dengan pengendalian banjir, yang merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran sungai. Hal ini dimaksudkan untuk menampung debit banjir yang terjadi untuk selanjutnya disalurkan ke sungai yang lebih besar atau langsung menuju muara/laut, sehingga tidak terjadi limpasan dari sungai tersebut.

Pekerjaan normalisasi alur aliran sungai pada dasarnya meliputi kegiatan yang terdiri dari :

1. Perhitungan debit banjir rencana,
2. Analisis kapasitas awal sungai ,
3. Perhitungan penampang melintang dan memanjang sungai rencana,
4. Menentukan tinggi jagaan, dan
5. Perencanaan tanggul.

3.8.2 Perencanaan Tanggul

Salah satu cara untuk menanggulangi banjir yaitu dengan meninggikan tanggul sungai yang rendah. Pembuatan tanggul ini dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas tampungan alur sungai, sehingga mampu mengalirkan debit banjir dengan periode ulang tertentu. Dalam perencanaan dan perancangan suatu tanggul sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan pengendalian banjir, persyaratan teknis, dan estetika meliputi : kondisi lokasi, fungsi dan manfaat, jenis konstruksi, biaya konstruksi, dan pelaksanaan pekerjaan.

Elevasi tanggul ditentukan oleh elevasi muka air banjir sungai ditambah tinggi jagaan tertentu. Makin tinggi elevasi muka air banjir, maka semakin tinggi pula tinggi elevasi tanggul yang diperlukan. Elevasi muka air banjir didapat berdasarkan perhitungan hidrolik banjir sungai. Ketentuan tinggi jagaan tanggul seperti tercantum dalam Tabel 3.3

Tabel 3. 3 Tinggi Jagaan Tanggul

No	Debit Banjir Rencana (m ³ /detik)	Tinggi Jagaan (m)
1	<200	0,6
2	200 – 500	0,8
3	500 – 2000	1,0
4	2000 – 5000	1,2
5	5000 – 10000	1,5
6	>10000	2,0

(Sumber: Sosrodarsono, 1985)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Studi pengendalian banjir dilakukan di Sungai Plumbon yang terletak di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis DAS Plumbon terletak pada $6^{\circ}56'16.33''\text{LS}$ $110^{\circ}18'53.59''\text{BT}$ $7^{\circ}3'52.12''\text{LS}$ $110^{\circ}18'34.27''\text{BT}$. Luas DAS $36,87 \text{ km}^2$ dan panjang Sungai utama $21,437 \text{ km}$. Sungai Plumbon merupakan salah satu sungai yang melintasi sepanjang Kecamatan Mijen (hulu), Kecamatan Ngaliyan dan Kecamatan Tugu (hilir).



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian
(Sumber : *Google Earth*, 08 November 2020)

4.2 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan langkah awal dalam metode pengumpulan data. Langkah yang diambil dalam studi pustaka ini adalah mencari literatur yang mendukung penelitian ini dan mengumpulkan data-data yang relevan terhadap topik dan mempelajari buku-buku, tulisan ilmiah, dan informasi mengenai lokasi penelitian dan peraturan perundang-undangan yang sesuai serta berhubungan dengan penelitian ini.

4.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini diperlukan data untuk keperluan analisis, data-data tersebut harus berasal dari sumber yang terpercaya atau hasil survei yang dilakukan oleh lembaga tertentu. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi secara ilmiah pada instansi ataupun lembaga-lembaga yang terkait dalam penelitian ini. Biasanya merupakan arsip-arsip lama maupun data-data kondisi terbaru. Data sekunder tersebut adalah :

1. Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana, Semarang. Stasiun yang digunakan yaitu Sta.41 C Mangkang Waduk (lihat Tabel 4.1)

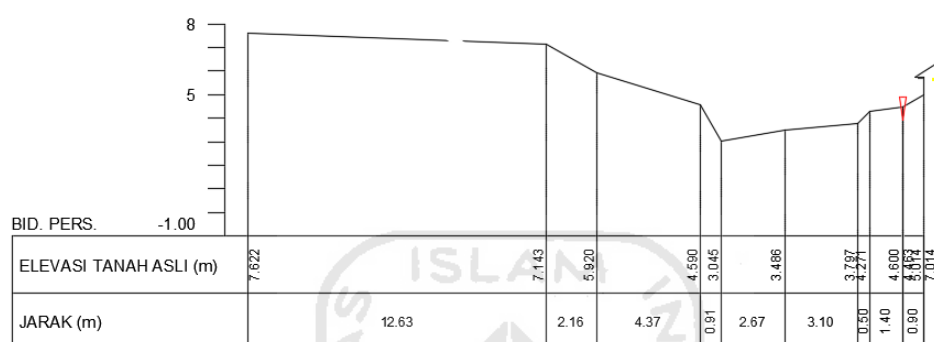
Tabel 4. 1 Curah Hujan Maksimum (2000-2015)

No	Tahun	Hujan Harian Maksimal
		Mangkang
1	2000	177
2	2001	179
3	2002	115
4	2003	124
5	2004	184
6	2005	115
7	2006	213
8	2007	116
9	2008	107
10	2009	201
11	2010	134
12	2011	99
13	2012	94
14	2013	119
15	2014	124
16	2015	127

(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, 2019)

2. Data topografi

Data topografi Sungai Plumbon yang berupa *cross section* atau penampang melintang sungai yang digunakan dalam pembuatan model aliran yang akan disimulasikan berdasarkan debit yang terjadi. Penampang melintang sungai Plumbon dapat dilihat pada Gambar 4.2.



P.52

Gambar 4. 2 *Cross Section* Sta. 52
(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, 2019)

4.4 Pengolahan Data

Tahapan kerja yang dilakukan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Analisis hidrologi

Analisis hidrologi digunakan untuk mendapatkan curah hujan dan debit banjir rencana dalam periode ulang tertentu, diantaranya :

- a. Perhitungan curah hujan wilayah berdasarkan pencatatan data curah hujan yang ada pada DAS Plumbon dengan menggunakan metode rerata Aljabar,
- b. Analisis curah hujan rencana dengan distribusi metode Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Person III,
- c. Analisis distribusi hujan jam-jaman setiap periode ulang untuk mengetahui curah hujan maksimum yang akan digunakan dalam menganalisis debit banjir rencana,

d. Uji kecocokan jenis sebaran

Uji kecocokan diperlukan untuk mengetahui apakah data curah hujan yang ada sudah sesuai dengan jenis sebaran yang dipilih. Dalam hal ini digunakan uji kecocokan metode uji *Chi-Kuadrat* dan uji *Smirnov-Kolmogorov*.

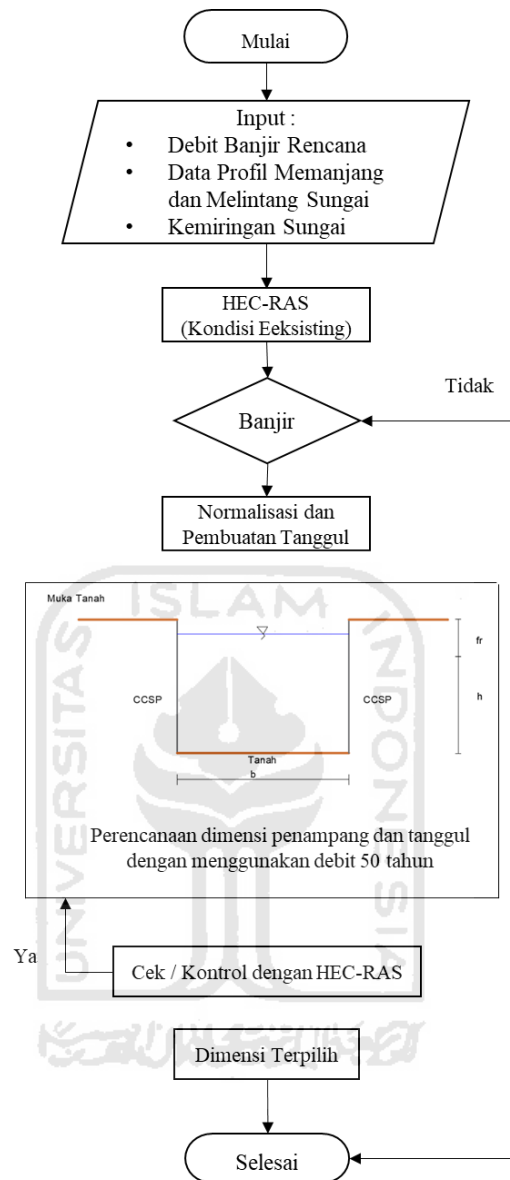
e. Perhitungan analisis debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf Satuan (HSS) Gama I, dan HSS Nakayasu.

f. Pemilihan hidrograf dilakukan untuk keperluan pemodelan pada HEC-RAS 5.0.7 yaitu hidrograf yang mendekati kondisi di lapangan.

2. Analisis hidrolika

Pada analisis hidrolika terdiri dari analisis penampang eksisting dengan menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui kondisi dari Sungai Plumbon saat ini. Dengan menggunakan HEC-RAS maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir. HEC-RAS akan menampilkan model dari Sungai Plumbon sesuai dengan input data yang diberikan. Sedangkan dalam perencanaan dimensi dengan normalisasi sungai menggunakan rumus Manning, diperlukan untuk mengetahui kapasitas alur sungai dan saluran terhadap banjir rencana dan untuk menggambarkan profil muka air banjir rencana sepanjang sungai yang akan ditinjau. Profil muka air yang dihasilkan merupakan dasar untuk menentukan bangunan pengendali banjir.

Bagan alir analisis hidrolika dapat dilihat pada Gambar 4.3.



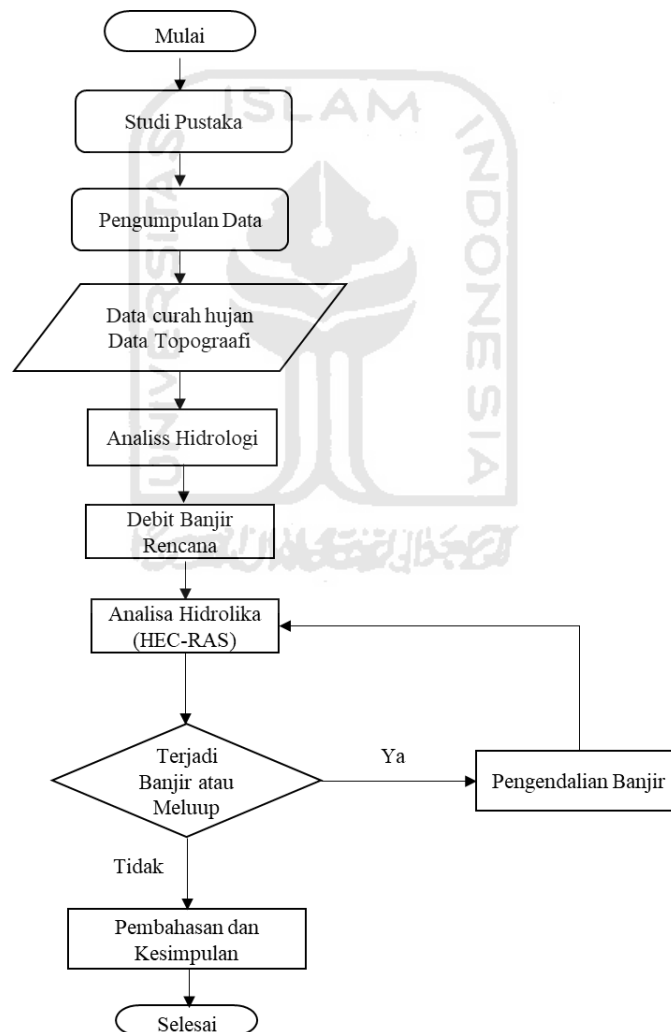
Gambar 4. 3 Bagan Alir Pemodelan Banjir Sungai Plumbon

3. Perencanaan Bangunan Air

Perencanaan bangunan air merupakan salah satu metode didalam pengendalian banjir yakni berupa kegiatan pembangunan struktur. Dalam upaya pengendalian banjir sungai Plumbon bangunan air yang digunakan adalah tanggul. Pengendalian banjir hanya dilakukan di titik-titik yang kapasitas penampangnya sudah tidak sanggup menampung debit yang ada.

4.5 Alur Penelitian

Secara umum penelitian yang berjudul “*Studi Pengendalian Banjir Sungai Plumbon Dengan Perencanaan Tanggul Dan Normalisasi Sungai*” ini didasarkan pada identifikasi masalah yang ditunjang dengan literatur-literatur yang terkait, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data. Analisis data meliputi analisis hidrologi, dan analisis hidrolika sungai. Dari hasil analisis kemudian disusun simpulan dan saran. Agar dalam pengumpulan data lebih terarah dan sistematis, dibuat alur penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan salah satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung didalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh akan menentukan analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bending, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi.

5.1.1 Ketersediaan Data

Pada suatu analisis hidrologi dibutuhkan data-data untuk memperoleh hasil analisis yang mendekati kondisi sebenarnya. Data tersebut dapat berupa Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta parameternya sesuai daerah yang ditinjau dan data pencatatan hujan.

1. Penentuan Daerah Aliran Sungai Plumbon

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah semua air mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasar aliran air permukaan dan dibatasi oleh titik kontrol (Sri Harto, 1993). DAS Plumbon dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 DAS Plumbon
(Sumber : Hasil Analisis,2020)

Tabel 5. 1 Parameter DAS Plumbon

No	Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
1	Panjang sungai utama	L	21.437	Km
2	Lebar DAS 1/4 L	WL	1.06	Km
3	Lebar DAS 3/4 L	Wu	2.34	Km
4	Luas DAS	A	36.87	Km ²
5	Luas DAS hulu	Au	18.435	Km ²
6	Jumlah Pertemuan Sungai	JN	55	
7	Jumlah Pangsa Sungai tk. 1	PI	59	
8	Jumlah Pangsa Sungai Semua tk.	PN	114	
9	Jumlah Panjang Sungai Tingkat 1	L1	26.92	Km
10	Jumlah Panjang Sungai Semua tk.	LN	57.24	Km
11	kemiringan Sungai	S	0.0113	

Sumber : Hasil Analisis (2020)

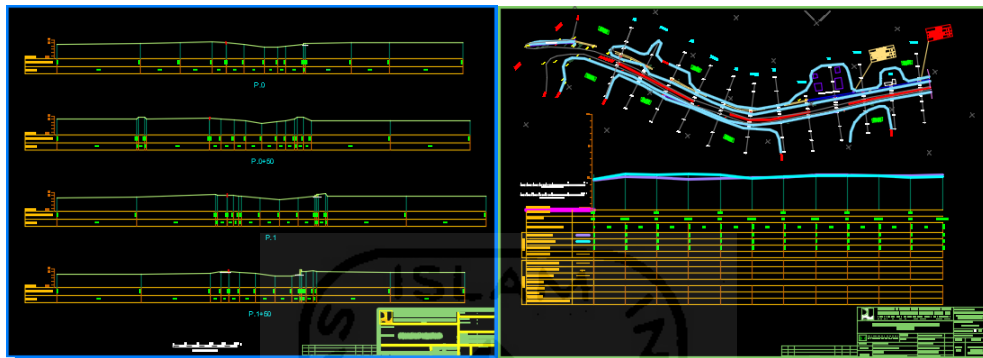
Tabel 5. 2 Tata Guna Lahan

No	Penutup Lahan	Luas, A (Km ²)	CN	A x CN
1	Tambak	3.9777	98	389.8146
2	Perkebunan/kebun	18.1021	50	905.105
3	Tegalan/Ladang	1.9002	55	104.511
4	Sawah	7.239	58	419.862
5	Gedung/Bangunan	0.02227	75	1.67025
6	Padang Rumput	0.2196	60	13.176
7	Semak Belukar	1.2478	56	69.8768
8	Permukiman dan Tempat Kegiatan	4.165	65	270.725
Jumlah		36.87367		2174.741
CN			58.98	

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

2. Topografi Sungai Plumbon

Data peta topografi sungai yang digunakan dalam studi ini merupakan data yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, Semarang. Adapun data yang akan digunakan adalah data penampang melintang maupun memanjang Sungai Plumbon dengan Panjang sungai 6 kilometer dari muara.



Gambar 5. 2 Sketsa Daerah Aliran Sungai Plumbon

(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, 2019)

3. Data Hujan

Curah Hujan adalah banyak air yang jatuh ke permukaan bumi, dalam hal ini permukaan bumi dianggap datar dan kedap, tidak mengalami penguapan, dan tersebar merata serta dinyatakan sebagai ketebalan air dalam mm atau cm (Soewarno, 1995). Curah Hujan dapat diukur menggunakan alat ukur hujan yang umum disebut dengan sukat hujan (*rain gauge*) atau penakar hujan dari suatu pos hujan. Satuan untuk mengukur curah hujan adalah 1 mm. Nilai itu menunjukkan bahwa tebal air hujan menutupi atas permukaan bumi setebal 1 mm, dan zat cair itu tidak meresap kedalam tanah atau tidak menguap kembali ke atmosfer (Soewarno, 1995).

Di DAS Plumbon terdapat stasiun pencatat hujan manual. Curah hujan dicatat melalui stasiun-stasiun penakar hujan tersebut. Dari hasil pengumpulan data, tidak semua stasiun hujan yang berada di wilayah studi digunakan dalam analisis. Hal ini dikarenakan ketersediaan data pada stasiun tersebut tidak lengkap. Berikut data hujan yang tersedia untuk analisis hidrologi.

Tabel 5. 3 Data Hujan DAS Plumbon

No	Tahun	Hujan Harian Maksimal
		Mangkang
1	2000	177
2	2001	179
3	2002	115
4	2003	124
5	2004	118
6	2005	115
7	2006	213
8	2007	116
9	2008	107
10	2009	201
11	2010	134
12	2011	99
13	2012	94
14	2013	119
15	2014	124
16	2015	127

(Sumber : Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana, 2019)

5.1.2 Konsistensi Data

Dalam data hujan untuk satu stasun hujan tertentu dimungkinkan sifatnya tidak konsisten, sehingga data tersebut tidak bisa langsung digunakan untuk menghitung hujan rencana. Sri Harto (2000), memberikan berbagai kemungkinan penyebab data hujan tidak konsisten, antara lain :

1. Alat ukur diganti dengan spesifikasi yang berbeda, atau alat yang sama akan tetapi dipasang dengan patokan aturan yang berbeda,
2. Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, akan tetapi secara administratif nama stasiun tersebut tidak diubah, misalnya karena masih dalam satu desa yang sama,
3. Alat ukur sama, tempat tidak dipindahkan, akan tetapi lingkungan yang berubah, misalnya semula dipasang ditempat yang ideal, akan tetapi kemudian berubah karena ada bangunan atau pohon besar yang terlalu dekat.

Pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan cara grafis dan statistik. Pengujian cara grafis yaitu dengan analisis kurva ganda (*double mass analysis*), sedangkan pengujian cara statistik memiliki beberapa cara, yaitu *Rescaled Adjusted Sums* (RAPS) dan *Weighted Adjusted Partial Sums* (WAPS).

Pada pekerjaan ini, untuk menentukan data suatu stasiun hujan konsisten atau tidak adalah dengan cara statistik RAPS.

Metode pengujian konsistensi data hujan dengan RAPS adalah sebagai berikut ini:

1. Hitung SK^* (selisih curah hujan tahun ke I dengan curah hujan rerata tahunan) dari data hujan tahunan

$$SK^* = (y_i - \bar{y})$$

2. Hitung D_y (*deviasi standard*) dengan persamaan

$$D_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

3. Hitung $SK^{**} = \frac{SK^*}{D_y}$

Dari tabel dibawah ini bandingkan Q dengan maks SK^{**} , jika $SK^{**} > Q$ maka data tidak konsisten atau sebaliknya. Analisis konsistensi data hujan dapat juga menggunakan statistic $R = \text{maks } SK^{**} - \text{min } SK^{**}$, dan bandingkan dengan di bawah ini.

Tabel 5. 4 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

n	Q/\sqrt{n}			R/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	10	1.05	1.14	10
20	1.10	1.22	20	1.10	1.22	20
30	1.12	1.24	30	1.12	1.24	30
40	1.13	1.26	40	1.13	1.26	40
50	1.14	1.27	50	1.14	1.27	50
100	1.17	1.29	100	1.17	1.29	100
∞	1.22	1.36	∞	1.22	1.36	∞

(Sumber : Sri Harto, 1993)

Data hujan diuji berdasarkan metode RAPS dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Uji Konsistensi Stasiun Mangkang

No	Tahun	Σ Hujan/th	Sk*	Sk**
1	2000	1967	-213.31	0.544
2	2001	2044	-136.31	0.347
3	2002	1500	-680.31	1.734
4	2003	2368	187.69	0.478
5	2004	2009	-171.31	0.437
6	2005	2218	37.69	0.096
7	2006	2448	267.69	0.682
8	2007	2134	-46.31	0.118
9	2008	2769	588.69	1.501
10	2009	1900	-280.31	0.715
11	2010	3029	848.69	2.163
12	2011	1664	-516.31	1.316
13	2012	2300	119.69	0.305
14	2013	2389	208.69	0.532
15	2014	2346	165.69	0.422
16	2015	1800	-380.31	0.969

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Jumlah Data (n) = 16

Σ Hujan/th rata-rata (Yr) = 2180.312 mm

Standar Deviasi (Dy) = 392.313 mm

Sk** maks = 2.163

Sk** min = 0.096

R = 2.067

Qtabel = 4.752 > Sk**

Data Konsisten/Pangkah

Rtabel = 5.48 > Sk**

Data Konsisten/Pangkah

5.1.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dimaksudkan untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Kejadian ekstrim dalam studi ini adalah curah hujan ekstrim yaitu curah hujan harian maksimum setiap tahun yang diukur dalam beberapa tahun.

Analisis frekuensi merupakan suatu prosedur untuk memperkirakan frekuensi dari suatu kejadian pada masa lalu atau masa yang akan datang. Analisis frekuensi digunakan untuk menentukan hujan rencana dalam berbagai periode ulang berdasarkan distribusi yang paling sesuai antara distribusi hujan secara teoritik dengan distribusi hujan secara empirik.

Analisis frekuensi hujan rancangan dilakukan dengan bantuan program Aprob Istiarto (2014) dengan masukan hujan maksimum tahunan. Berikut hasil analisis hujan frekuensi DAS Plumbon :

Tabel 5. 6 Analisis Statistik DAS Plumbon

No	Parameter	Notasi	Nilai
1	Jumlah data	n	16
2	Min		94.00
3	Max		213.00
4	Rata-rata	Σ	139.25
5	Simpangan baku	s	38.0675
6	Koefisien kurtosis		2.2253
7	Excess kurtosis		0.7747
8	Koefisien Skewness		0.8189

(Sumber : Hasil *Running Program Aprob Istiarto*, 2020)

Tabel 5. 7 Analisis Logaritmik DAS Plumbon

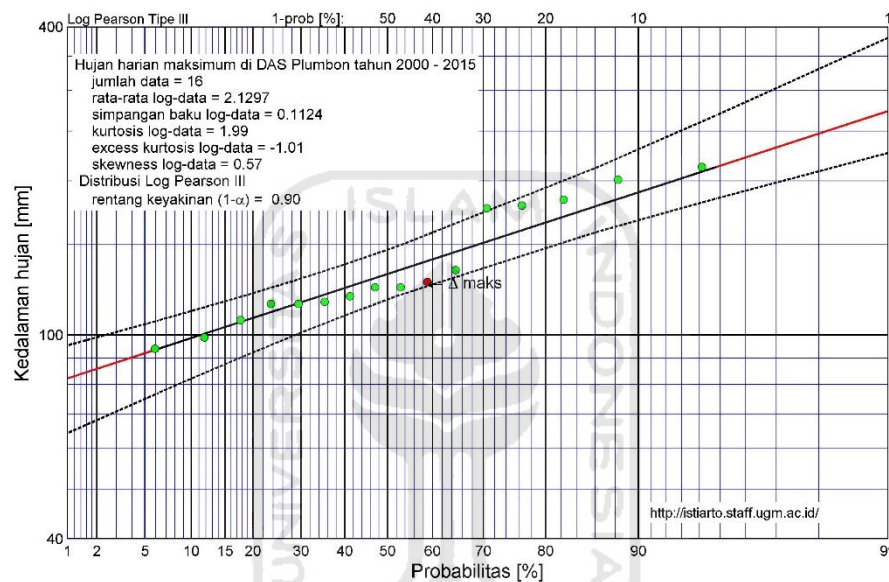
No	Parameter	Notasi	Nilai
1	Jumlah data (n)	n	16
2	Min		1.973
3	Max		2.328
4	Rata-rata (Σ)	Σ	2.129
5	Simpangan baku (s)	s	0.112
6	Koefisien kurtosis	Ck	1.990
7	Excess kurtosis		1.009
8	Koefisien Skewness	Cs	0.569

(Sumber : Hasil *Running Program Aprob Istiarto*, 2020)

Tabel 5. 8 Uji Kecocokan Data Sebaran Hujan DAS Plumbon

No	Pengujian	Jenis Distribusi			
		Gumbel	Log Normal	Log Pearson III	Normal
1	<i>Smirnov-Kolmogorov</i>	Lulus	Lulus	Lulus	Lulus
	Selisih maksimum	0.16	0.179	0.144	0.214
2	<i>Chi-Kuadrat</i>	Gagal	Lulus	Lulus	Gagal
	<i>Chi-2</i> maksimum	8.5	7.625	7.625	8.5

(Sumber : Hasil *Running Program Aprob Istiarto*, 2020)



Gambar 5. 3 Sebaran Data Log Pearson III DAS Plumbon
(Sumber : Hasil *Running Program Aprob Istiarto*, 2020)

Tabel 5. 9 Hujan Rancangan DAS Plumbon

No	Kala Ulang (tahun)	Jenis Distribusi			
		Gumbel	Log Normal	Log Pearson III	Normal
1	2	133	135	132	139
2	5	167	168	166	171
3	10	189	188	190	188
4	20	210	206	214	202
5	50	238	229	247	217

(Sumber : Hasil *Running Program Aprob Istiarto*, 2020)

5.1.4 Distribusi Hujan dan Hujan Efektif

Analisis distribusi hujan jam-jaman dimaksudkan untuk mentransformasi curah hujan rancangan harian menjadi curah hujan jam-jaman. Pada umumnya data hujan yang tersedia pada suatu stasiun meteorologi adalah data hujan harian, artinya data yang tercatat secara kumulatif selama 24 jam, sedangkan analisis debit banjir rencana memerlukan masukan berupa curah hujan jam-jaman. Analisis distribusi hujan jam-jaman dihitung berdasarkan metode *Alternating Block Method* (ABM). Metode ini merupakan cara sederhana untuk membuat hidrograf rencana dari kurva IDF (Chow, 1988 dalam Triatmojo, 2008). Pada metode ABM mengasumsikan bahwa lamanya hujan yang terjadi sama dengan waktu dari waktu konsentrasi (t_c). Nilai t_c dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 t_c &= \left(\frac{0,8xL^2}{1000xs} \right)^{0,385} = 9,578 \\
 &= \left(\frac{0,8x21,437^2}{1000x0,00113} \right)^{0,385} \\
 &= 9,578 \text{ jam, dibulatkan menjadi } 10 \text{ jam.}
 \end{aligned}$$

Hujan efektif digunakan untuk menghitung besaran hujan yang berpengaruh pada aliran limpasan permukaan (*run off*). Secara sederhana hujan efektif didapat dari besaran hujan yang terjadi dikurangi besaran infiltrasi. Infiltrasi merupakan bagian dari air hujan yang melimpas yang masuk ke dalam tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya infiltrasi menurut Limantara (2018) sebagai berikut.

1. Kondisi tanah, penebangan hutan yang dilakukan akan memperkecil daya infiltrasi.
2. Tumbuh-tumbuhan, dengan adanya tumbuh-tumbuhan maka akan memperbesar daya infiltrasi.
3. Pengerjaan tanah, pengerjaan tanah yang baik akan memperbesar daya infiltrasi.
4. Kadar air, jika kadar air tinggi maka akan memperbesar daya infiltrasi, sebaliknya jika kadar air rendah maka akan memperkecil daya infiltrasi

5. Pemampatan karena hujan, jika turun hujan, daya infiltrasi akan menurun sampai suatu ketika akan konstan.

Analisis hujan efektif dapat menggunakan metode SCS (*Curve Number Loss Model*). Hujan efektif dalam metode ini merupakan fungsi dari jenis tanah, penggunaan lahan, dan kelembaban (HEC-HMS *Technical Reference Manual*, 2000).

$$P = \frac{(P_e - 0,2S)^2}{P + 0,85}, \quad S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

dengan :

P_e = Hujan efektif (mm),

P = Hujan jam-jaman (mm),

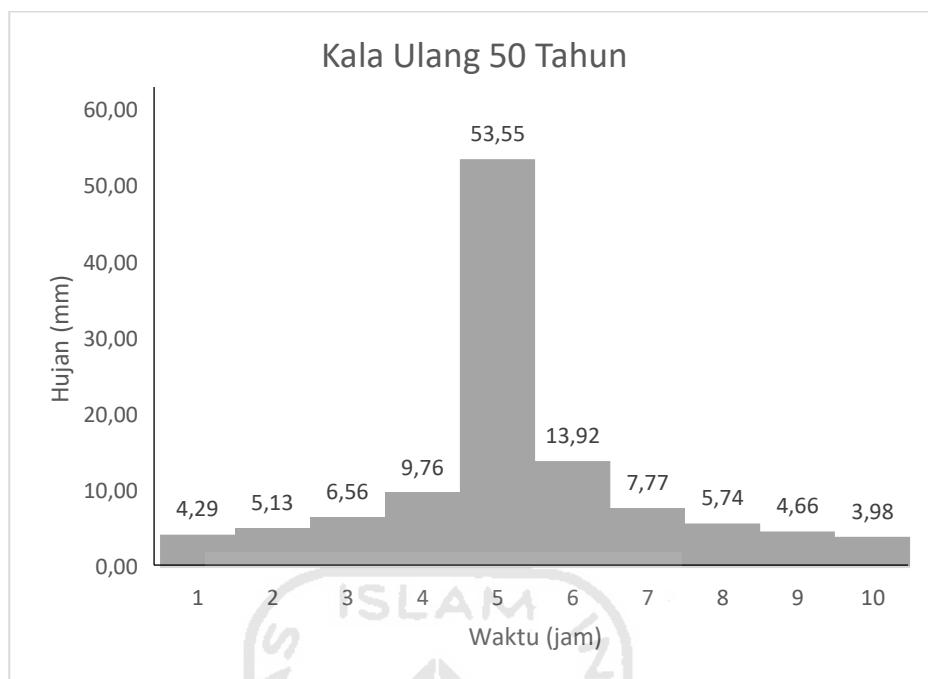
S = Maksimum retensi (mm), dan

CN = *Curve Number*.

Tabel 5. 10 Distribusi Hujan Kala Ulang 50 Tahun

T_d (jam)	Δt (jam)	I_t (mm/jam)	$I_t T_d$ (mm)	Δp (mm)	p_t (%)	Hujan efektif		Infiltrasi (mm)
						(%)	(mm)	
1	1	40.00	40.00	40.00	46.42	3.72	4.29	4.892
2	1	25.20	50.40	10.40	12.06	4.45	5.13	5.853
3	1	19.23	57.69	7.29	8.46	5.69	6.56	7.488
4	1	15.87	63.49	5.81	6.74	8.46	9.76	11.139
5	1	13.68	68.40	4.90	5.69	46.42	53.55	61.093
6	1	12.11	72.68	4.29	4.97	12.06	13.92	15.879
7	1	10.93	76.52	3.83	4.45	6.74	7.77	8.867
8	1	10.00	80.00	3.48	4.04	4.97	5.74	6.545
9	1	9.24	83.20	3.20	3.72	4.04	4.66	5.319
10	1	8.62	86.18	2.97	3.45	3.45	3.98	4.542
Jumlah				86.18	100.00	100.00	115.38	131.62

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)



Gambar 5. 4 Hyetograph ABM Kala Ulang 50 Tahun
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

5.1.5 Hidrograf Satuan Sintetis

Dalam penelitian ini akan membandingkan metode hidrograf yang umum digunakan dalam analisis seperti HSS Nayakasu, dan HSS Gama I dengan analisis sebagai berikut ini.

1. HSS Nakayasu

Perhitungan HSS Nakayasu menggunakan persamaan 3.23 sampai dengan persamaan 3.32 dengan penjabaran sebagai berikut.

$$\text{Luas DAS Plumbon} = 36,87 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai Plumbon} = 21,437 \text{ Km}$$

a. Perhitungan nilai waktu konsentrasi (t_g)

Karena panjang sungai lebih dari 15 km, maka perhitungai t_g menggunakan persamaan 3.25.

$$t_g = 0,4 + 0,058L$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 \times 21,437$$

$$t_g = 1,643 \text{ jam}$$

b. Perhitungan nilai durasi hujan (t_r)

$$t_r = 0,5t_g \text{ sampai } t_g, \text{ maka diambil nilai } 0,5t_g$$

$$t_r = 0,5 \times 1,643$$

$$t_r = 0,822 \text{ jam}$$

c. Perhitungan nilai waktu puncak banjir (T_p)

$$T_p = t_g + 0,8T_r$$

$$T_p = 1,643 + 0,8 \times 0,822$$

$$T_p = 1,643 + 0,8 \times 0,822$$

$$T_p = 2,301 \text{ jam}$$

d. Perhitungan nilai koefisien karakteristik DAS (α)

$$\alpha = \frac{0,47 \times AL^{0,25}}{t_g}$$

$$\alpha = \frac{0,47 \times (36,87 \times 21,437)^{0,25}}{1,643}$$

$$\alpha = 1,516$$

e. Perhitungan nilai waktu mencapai debit 30% ($T_{0,3}$)

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g$$

$$T_{0,3} = 1,516 \times 1,643$$

$$T_{0,3} = 2,492 \text{ jam}$$

f. Perhitungan nilai debit puncak banjir (Q_p)

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{ARe}{0,3T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{36,87 \times 1}{0,3 \times 2,301 + 2,492} \right)$$

$$Q_p = 1,746 \text{ m}^3/\text{detik}$$

g. Perhitungan nilai debit naik sebelum mencapai debit puncak ($0 < t < T_p$).

Karena nilai T_p adalah 2,301 jam, maka yang termasuk nilai Q_a adalah jam ke 1 sampai 2.

$$Q_{t1} = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} = 1,746 \left(\frac{1}{2,301} \right)^{2,4} = 0,445 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{t2} = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} = 1,346 \left(\frac{2}{2,301} \right)^{2,4} = 0,2349 \text{ m}^3/\text{detik}$$

h. Debit setelah Q_p turun sampai debit 30% Q_p (Q_{d1})

Nilai dari 30% Q_p adalah 4,793 jam, maka jam yang termasuk adalah 3, dan 4.

$$Q_{t3} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)^{2,299} = 1,746 \times 0,3 \left(\frac{3-2,301}{2,299} \right)^{2,299} = 2,345 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{t4} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right)^{2,299} = 1,746 \times 0,3 \left(\frac{4-2,301}{2,299} \right)^{2,299} = 1,447 \text{ m}^3/\text{detik}$$

i. Debit setelah 30% Q_p turun sampai 0,32 Q_p (Q_{d2})

Nilai dari 0,32 Q_p adalah 8,531 jam, maka jam yang termasuk adalah 5 sampai 8.

$$Q_{t5} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{1,5T_{0,3}} \right)^{1,5 \times 2,299} = 1,746 \times 0,3 \left(\frac{5-2,561}{1,5 \times 2,299} \right)^{1,5 \times 2,299} = 0,923 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{t6} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{1,5T_{0,3}} \right)^{1,5 \times 2,299} = 1,746 \times 0,3 \left(\frac{6-2,561}{1,5 \times 2,299} \right)^{1,5 \times 2,299} = 0,669 \text{ m}^3/\text{detik}$$

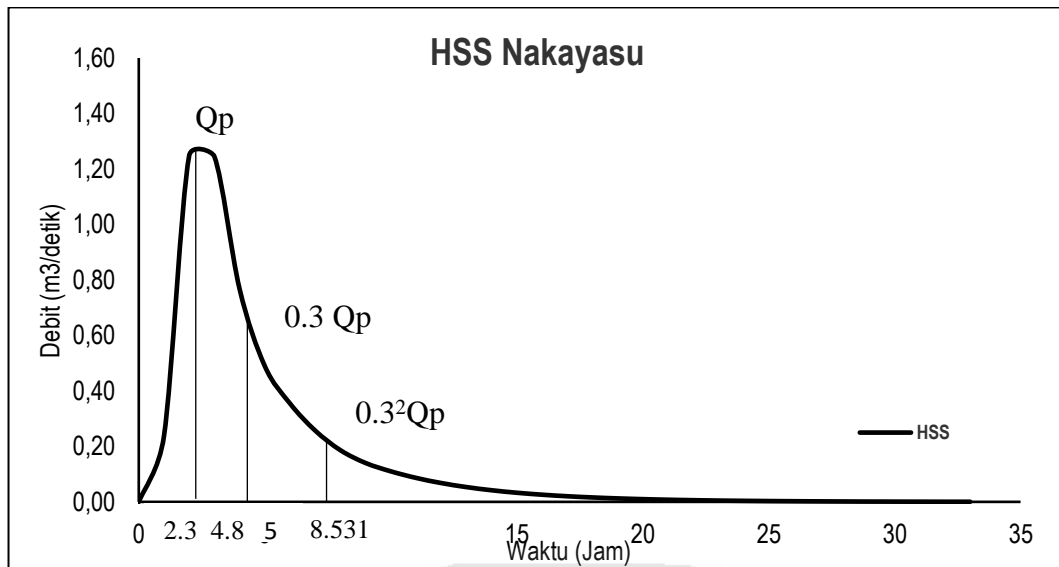
Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.21.

j. Debit setelah 0,32 Q_p (Q_{d3})

Yang termasuk dalam debit ini adalah debit yang lebih dari jam ke 9.

$$Q_{t9} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{1,5T_{0,3}} \right)^{1,5 \times 2,299} = 1,746 \times 0,3 \left(\frac{9-2,561}{1,5 \times 2,299} \right)^{1,5 \times 2,299} = 0,351 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.16.



Gambar 5. 5 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Dalam perhitungan ordinat dari HSS Nakayasu didasarkan pada kedalaman hujan 1 mm, sehingga perlu diketahui hasilnya dengan persamaan berikut.

$$\text{Angka koreksi} = \frac{\sum \text{hidrograf satuan} \times 3,6}{\text{Luas DAS}}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka koreksi} &= \frac{5,438 \times 3,6}{36,87} \\ &= 0,531 \end{aligned}$$

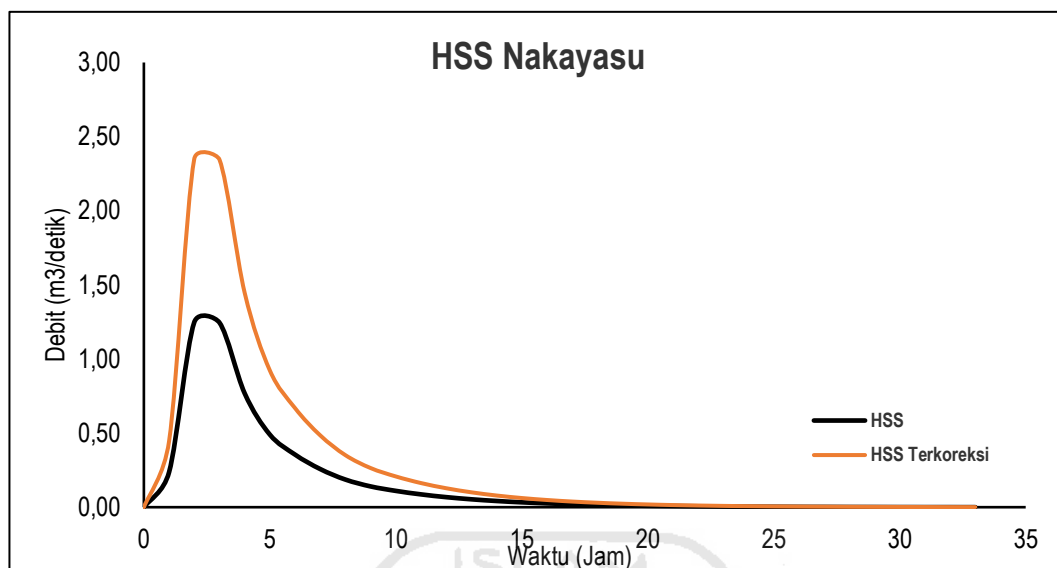
Dari hasil koreksi diatas didapatkan hasil tidak sama dengan 1 mm, maka hidrograf Nakayasu perlu dilakukan koreksi agar angka koreksi mendekati/sama dengan 1 mm. Hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.6 berikut.

Tabel 5. 11 Perhitungan HSS Nakayasu Koreksi

No	Rumus	Jam	HS	HS-koreksi
1	Qa	0	0.000	0.000
2	Qa	1	0.236	0.445
3	Qa	2	1.248	2.349
4	Qd1	3	1.245	2.345
5	Qd1	4	0.768	1.447
6	Qd2	5	0.490	0.923
7	Qd2	6	0.355	0.669

No	Rumus	Jam	HS	HS-koreksi
8	Qd2	7	0.257	0.485
9	Qd2	8	0.186	0.351
10	Qd3	9	0.140	0.264
11	Qd3	10	0.110	0.208
12	Qd3	11	0.087	0.163
13	Qd3	12	0.068	0.128
14	Qd3	13	0.053	0.101
15	Qd3	14	0.042	0.079
16	Qd3	15	0.033	0.062
17	Qd3	16	0.026	0.049
18	Qd3	17	0.020	0.038
19	Qd3	18	0.016	0.030
20	Qd3	19	0.013	0.024
21	Qd3	20	0.010	0.019
22	Qd3	21	0.008	0.015
23	Qd3	22	0.006	0.011
24	Qd3	23	0.005	0.009
25	Qd3	24	0.004	0.007
26	Qd3	25	0.003	0.006
27	Qd3	26	0.002	0.004
28	Qd3	27	0.002	0.003
29	Qd3	28	0.001	0.003
30	Qd3	29	0.001	0.002
31	Qd3	30	0.001	0.002
32	Qd3	31	0.001	0.001
33	Qd3	32	0.001	0.001
34	Qd3	33	0.000	0.001

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)



Gambar 5. 6 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Koreksi
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

2. HSS Gama I

Sebelum melakukan perhitungan selanjutnya, Tabel 5.12 berikut merupakan variabel yang akan digunakan dalam perhitungan HSS Gama I.

Tabel 5. 12 Data Parameter Perhitungan HSS Gama I DAS Plumbon

No	Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
1	Panjang Sungai Utama	L	21.437	Km
2	Lebar DAS 1/4 L	WL	1.06	Km
3	Lebar DAS 3/4 L	Wu	2.34	Km
4	Luas DAS	A	36.87	Km ²
5	Luas DAS hulu	Au	18.435	Km ²
6	Jumlah Pertemuan sungai	JN	55	
7	Jumlah Pangsa Sungai tk. 1	P1	59	
8	Jumlah Pangsa Sungai Semua tk.	PN	114	
9	Jumlah Panjang Sungai Tingkat 1	L1	26.92	Km
10	Jumlah Panjang Sungai Semua tk.	LN	57.24	Km
11	Kemiringan Sungai	S	0.0113	

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Perhitungan HSS Gama I menggunakan persamaan 3.17 sampai dengan persamaan 3.22 dengan penjabaran sebagai berikut.

a. Faktor sumber (SF)

$$SF = \frac{L1}{LN} = \frac{26,92}{57,24} = 0,470$$

b. Frekuensi sumber (SN)

$$SN = \frac{P1}{PN} = \frac{59}{114} = 0,518$$

c. Faktor lebar (WF)

$$WF = \frac{WU}{WL} = \frac{2,34}{1,06} = 2,208$$

d. Luas DAS sebelah hulu (RUA)

$$RUA = \frac{Au}{A} = \frac{14,23}{26,7} = 0,500$$

e. Faktor simetri (SIM)

$$SIM = WF \times RUA$$

$$SIM = 2,208 \times 0,500 = 1,104$$

f. *Drainage density* (D)

$$D = \frac{A}{LN} = \frac{57,24}{36,87} = 1,552$$

g. Waktu naik hidrograf (TR)

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1.0665SIM + 1.2775$$

$$TR = 0.43 \left(\frac{21,437}{100 \times 0,470} \right)^3 + 1.0665 \times 1,104 + 1.2775$$

$$= 2,495 \text{ jam}$$

h. Waktu dasar hidrograf (TB)

$$TB = -27.43132 \times TR^{0.1457} \times S^{-0.00986} \times RUA^{0.2574}$$

$$TB = -27,43132 \times 2,495^{0.1457} \times 0,0113^{-0.00986} \times 0,500^{0.2574}$$

$$= 25,134 \text{ jam}$$

i. Debit puncak hidrograf (Q_p)

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

$$QP = 0,1836 \times 36,87^{0,5886} \times 2,495^{-0,4008} \times 55^{-0,2381}$$

$$= 2,762 \text{ jam m}^3/\text{detik}$$

j. Aliran dasar (Q_b)

$$QB = 0,4715 \times A^{0,5886} \times D^{0,943}$$

$$QB = 0,4715 \times 36,87^{0,5886} \times 1,552^{0,943}$$

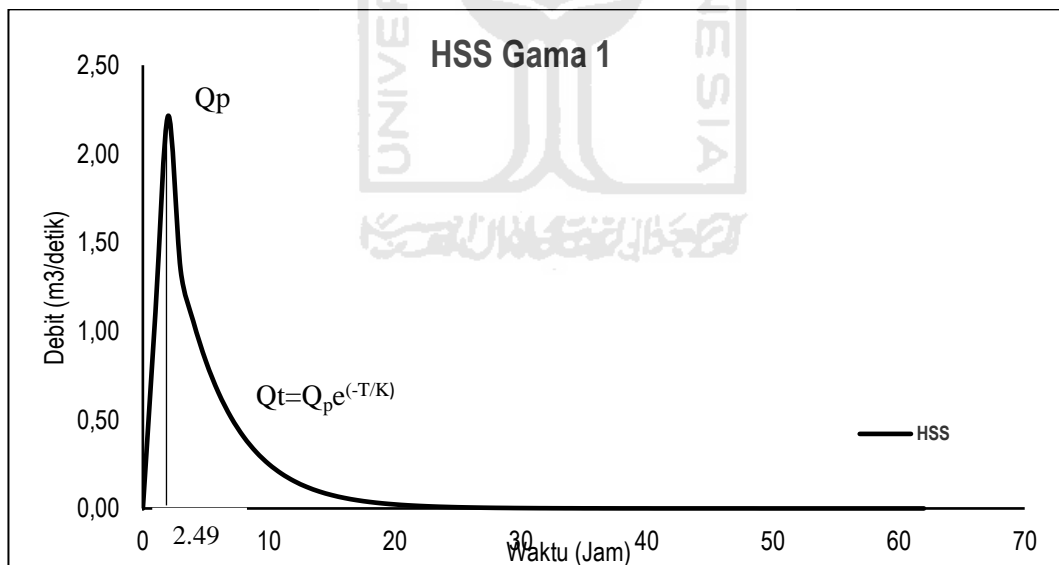
$$= 7,353 \text{ m}^3/\text{detik}$$

k. Koefisien Tampung (K)

$$K = 0,5617 \times A^{0,1798} \times S^{-0,1446} \times D^{0,0452}$$

$$K = 0,5617 \times 36,87^{0,1798} \times 0,0113^{-0,1446} \times 1,552^{0,0452}$$

$$= 4,161 \text{ jam}$$



Gambar 5. 7 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

Dalam perhitungan HSS Gama I pun perlu dilakukan koreksi apakah hasil kedalaman hujan sama dengan 1 mm. Maka perhitungan koreksinya sebagai berikut.

$$\text{Angka koreksi} = \frac{\sum \text{hidrograf satuan} \times 3,6}{\text{Luas DAS}}$$

$$\text{Angka koreksi} = \frac{7,419 \times 3,6}{36,87}$$

$$= 0,938$$

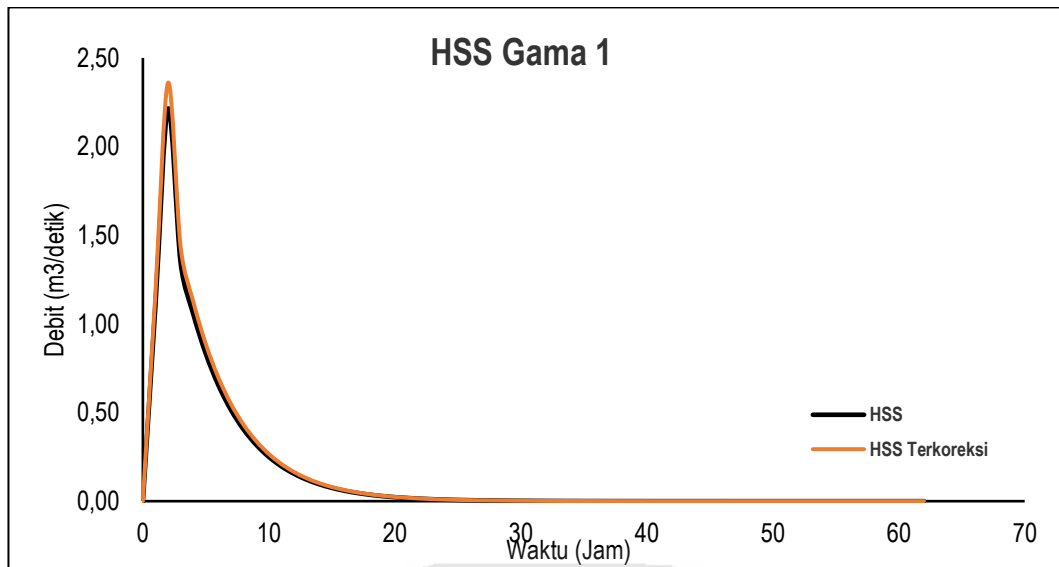
Dari hasil koreksi diatas didapatkan hasil sama dengan 1 mm. Hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.8 berikut.

Tabel 5. 13 Perhitungan HSS Gama I

t (jam)	Q (m ³ /dt)	Keterangan	Q Koreksi (m ³ /dt)
0	0.00000	t < TR	0.0000
1	1.10684	t < TR	1.1798
2	2.21367	t < TR	2.3596
3	1.34314	t > TR	1.4317
4	1.05622	t > TR	1.1259
5	0.83059	t > TR	0.8854
6	0.65316	t > TR	0.6962
7	0.51364	t > TR	0.5475
8	0.40391	t > TR	0.4305
9	0.31763	t > TR	0.3386
10	0.24978	t > TR	0.2662
11	0.19642	t > TR	0.2094
12	0.15446	t > TR	0.1646
13	0.12147	t > TR	0.1295
14	0.09552	t > TR	0.1018
15	0.07511	t > TR	0.0801
16	0.05907	t > TR	0.0630
17	0.04645	t > TR	0.0495
18	0.03653	t > TR	0.0389
19	0.02872	t > TR	0.0306
20	0.02259	t > TR	0.0241
21	0.01776	t > TR	0.0189
22	0.01397	t > TR	0.0149
23	0.01098	t > TR	0.0117
24	0.00864	t > TR	0.0092

t (jam)	Q (m³/dt)	Keterangan	Q Koreksi (m³/dt)
25	0.00679	t > TR	0.0072
26	0.00534	t > TR	0.0057
27	0.00420	t > TR	0.0045
28	0.00330	t > TR	0.0035
29	0.00260	t > TR	0.0028
30	0.00204	t > TR	0.0022
31	0.00161	t > TR	0.0017
32	0.00126	t > TR	0.0013
33	0.00099	t > TR	0.0011
34	0.00078	t > TR	0.0008
35	0.00061	t > TR	0.0007
36	0.00048	t > TR	0.0005
37	0.00038	t > TR	0.0004
38	0.00030	t > TR	0.0003
39	0.00023	t > TR	0.0003
40	0.00018	t > TR	0.0002
41	0.00015	t > TR	0.0002
42	0.00011	t > TR	0.0001
43	0.00009	t > TR	0.0001
44	0.00007	t > TR	0.0001
45	0.00006	t > TR	0.0001
46	0.00004	t > TR	0.0000

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)



Gambar 5. 8 Hidrograf Satuan Sintetis Gama I Koreksi
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

5.1.6 Hidrograf Banjir Rencana

Hidrograf banjir rencana didapat dengan memasukkan nilai waktu (t) dan hujan efektif pada setiap kala ulang dengan ordinat hidrograf satuan yang telah diperoleh. Hasil perhitungan untuk banjir kala ulang 50 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.21.

1. Analisis Aliran Dasar (*Base Flow*)

Untuk memperkirakan aliran dasar (*base flow*), digunakan Persamaan dan Persamaan

$$D = \frac{L}{A} = \frac{21,437}{36,87} = 0,581 \text{ Km}$$

$$Q_b = 0,475 \times A^{0,6444} \times D^{0,9435}$$

$$Q_b = 0,475 \times 36,87^{0,6444} \times 0,581^{0,9435}$$

$$Q_b = 2,911 \text{ m}^3/\text{detik}$$

2. Analisis Banjir Rencana HSS Nakayasu

Setelah mendapatkan nilai *base flow* dan *hyetograph*, maka perhitungan debit total dapat dilakukan dengan mengkalikan nilai tersebut dengan hidrograf satuan Nakayasu. Nilai debit total dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5. 14 Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu Kala Ulang 50 Th

Jam Ke-	Hidrograf Satuan (m ³ /det/mm)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Base Flow (m ³ /det)	Debit Total (m ³ /det)
		4.29 mm	5.13 mm	6.56 mm	9.76 mm	53.55 mm	13.92 mm	7.77 mm	5.74 mm	4.66 mm	3.98 mm		
0	0.00	0.00										2.91	2.91
1	0.45	1.91	0.00									2.91	4.82
2	2.35	10.08	2.28	0.00								2.91	15.27
3	2.35	10.06	12.05	2.92	0.00							2.91	27.94
4	1.45	6.20	12.03	15.42	4.35	0.00						2.91	40.91
5	0.92	3.96	7.42	15.40	22.94	23.84	0.00					2.91	76.46
6	0.67	2.87	4.73	9.50	22.90	125.82	6.20	0.00				2.91	174.92
7	0.48	2.08	3.43	6.06	14.13	125.60	32.70	3.46	0.00			2.91	190.36
8	0.35	1.51	2.49	4.39	9.01	77.48	32.65	18.26	2.55	0.00		2.91	151.24
9	0.26	1.13	1.80	3.18	6.53	49.41	20.14	18.23	13.48	2.08	0.00	2.91	118.89
10	0.21	0.89	1.36	2.30	4.73	35.81	12.84	11.25	13.46	10.95	1.77	2.91	98.27
11	0.16	0.70	1.06	1.73	3.43	25.95	9.31	7.17	8.30	10.94	9.35	2.91	80.85
12	0.13	0.55	0.84	1.36	2.58	18.80	6.74	5.20	5.29	6.75	9.34	2.91	60.36
13	0.10	0.43	0.66	1.07	2.03	14.15	4.89	3.77	3.84	4.30	5.76	2.91	43.79
14	0.08	0.34	0.52	0.84	1.59	11.11	3.68	2.73	2.78	3.12	3.67	2.91	33.29
15	0.06	0.27	0.41	0.66	1.25	8.73	2.89	2.05	2.01	2.26	2.66	2.91	26.10
16	0.05	0.21	0.32	0.52	0.98	6.86	2.27	1.61	1.52	1.64	1.93	2.91	20.75
17	0.04	0.16	0.25	0.41	0.77	5.38	1.78	1.27	1.19	1.23	1.40	2.91	16.75
18	0.03	0.13	0.20	0.32	0.61	4.23	1.40	1.00	0.94	0.97	1.05	2.91	13.74
19	0.02	0.10	0.15	0.25	0.48	3.32	1.10	0.78	0.73	0.76	0.83	2.91	11.41
20	0.02	0.08	0.12	0.20	0.37	2.61	0.86	0.61	0.58	0.60	0.65	2.91	9.59
21	0.01	0.06	0.10	0.15	0.29	2.05	0.68	0.48	0.45	0.47	0.51	2.91	8.15
22	0.01	0.05	0.07	0.12	0.23	1.61	0.53	0.38	0.36	0.37	0.40	2.91	7.03
23	0.01	0.04	0.06	0.10	0.18	1.26	0.42	0.30	0.28	0.29	0.31	2.91	6.14
24	0.01	0.03	0.05	0.08	0.14	0.99	0.33	0.23	0.22	0.23	0.25	2.91	5.45
25	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.78	0.26	0.18	0.17	0.18	0.19	2.91	4.90
26	0.00	0.02	0.03	0.05	0.09	0.61	0.20	0.14	0.14	0.14	0.15	2.91	4.48
27	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	0.48	0.16	0.11	0.11	0.11	0.12	2.91	4.14
28	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.38	0.12	0.09	0.08	0.09	0.09	2.91	3.88
29	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.30	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	2.91	3.67
30	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.23	0.08	0.05	0.05	0.05	0.06	2.91	3.50

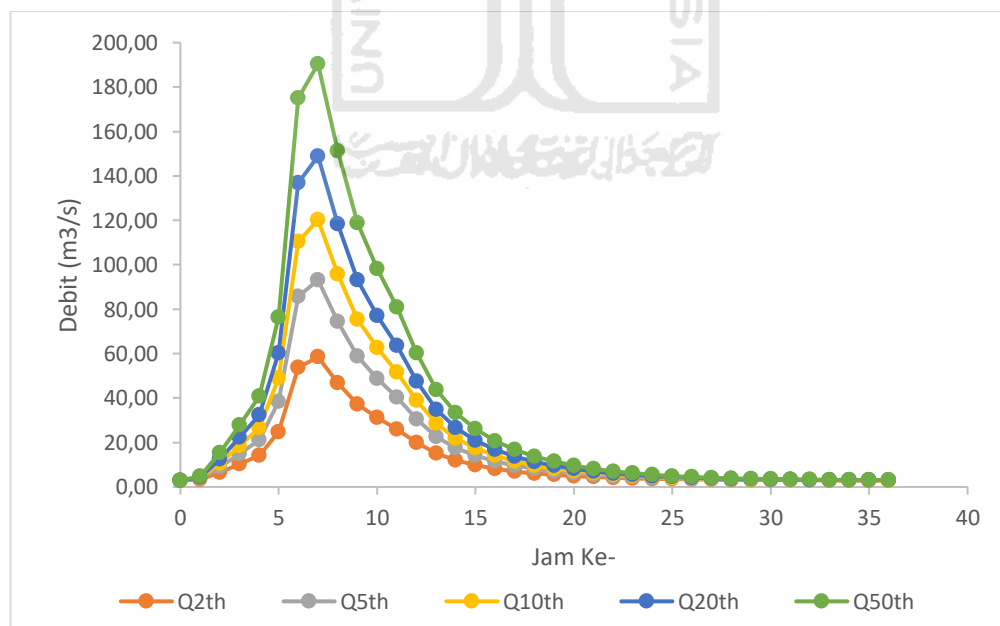
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu

Jam	Debit Banjir (m ³ /s)				
	Q2th	Q5th	Q10th	Q20th	Q50th
0	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91
1	3.47	3.83	4.10	4.39	4.82
2	6.57	8.86	10.64	12.53	15.27
3	10.33	14.96	18.57	22.40	27.94

Jam	Debit Banjir (m ³ /s)				
	Q2th	Q5th	Q10th	Q20th	Q50th
4	14.17	21.21	26.69	32.50	40.91
5	24.70	38.33	48.94	60.18	76.46
6	53.88	85.74	110.55	136.85	174.92
7	58.46	93.17	120.22	148.87	190.36
8	46.86	74.33	95.73	118.41	151.24
9	37.28	58.76	75.49	93.22	118.89
10	31.17	48.83	62.59	77.16	98.27
11	26.01	40.44	51.69	63.60	80.85
12	19.93	30.57	38.86	47.64	60.36
13	15.02	22.60	28.49	34.74	43.79
14	11.91	17.54	21.92	26.56	33.29
15	9.78	14.07	17.42	20.96	26.10
16	8.20	11.50	14.08	16.80	20.75
17	7.01	9.58	11.57	13.69	16.75
18	6.12	8.12	9.68	11.34	13.74
19	5.43	7.00	8.23	9.53	11.41
20	4.89	6.12	7.09	8.11	9.59

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)



Gambar 5. 9 Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

3. Analisis Banjir Rencana HSS Gama I

Cara yang sama dilakukan pada perhitungan banjir rencana HSS Gama I. Nilai debit total dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5. 16 Debit Banjir Rencana HSS Gama I Kala Ulang 50 Th

Jam Ke-	Hidrograf Satuan (m ³ /det/mm)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Base Flow (m ³ /det)	Debit Total (m ³ /det)
		4.29 mm	5.13 mm	6.56 mm	9.76 mm	53.55 mm	13.92 mm	7.77 mm	5.74 mm	4.66 mm	3.98 mm		
0	0.00	0.00										2.91	2.91
1	1.18	5.06	0.00									2.91	7.97
2	2.36	10.12	6.05	0.00								2.91	19.08
3	1.43	6.14	12.11	7.74	0.00							2.91	28.90
4	1.13	4.83	7.35	15.49	11.52	0.00						2.91	42.09
5	0.89	3.80	5.78	9.40	23.04	63.18	0.00					2.91	108.10
6	0.70	2.99	4.54	7.39	13.98	126.37	16.42	0.00				2.91	174.60
7	0.55	2.35	3.57	5.81	10.99	76.67	32.85	9.17	0.00			2.91	144.32
8	0.43	1.85	2.81	4.57	8.65	60.29	19.93	18.34	6.77	0.00		2.91	126.11
9	0.34	1.45	2.21	3.59	6.80	47.41	15.67	11.13	13.54	5.50	0.00	2.91	110.22
10	0.27	1.14	1.74	2.83	5.35	37.29	12.32	8.75	8.22	11.00	4.70	2.91	96.24
11	0.21	0.90	1.37	2.22	4.20	29.32	9.69	6.88	6.46	6.68	9.40	2.91	80.02
12	0.16	0.71	1.07	1.75	3.31	23.06	7.62	5.41	5.08	5.25	5.70	2.91	61.86
13	0.13	0.56	0.84	1.37	2.60	18.13	5.99	4.26	3.99	4.13	4.48	2.91	49.27
14	0.10	0.44	0.66	1.08	2.04	14.26	4.71	3.35	3.14	3.25	3.53	2.91	39.37
15	0.08	0.34	0.52	0.85	1.61	11.21	3.71	2.63	2.47	2.55	2.77	2.91	31.58
16	0.06	0.27	0.41	0.67	1.26	8.82	2.91	2.07	1.94	2.01	2.18	2.91	25.45
17	0.05	0.21	0.32	0.53	0.99	6.93	2.29	1.63	1.53	1.58	1.71	2.91	20.64
18	0.04	0.17	0.25	0.41	0.78	5.45	1.80	1.28	1.20	1.24	1.35	2.91	16.85
19	0.03	0.13	0.20	0.33	0.61	4.29	1.42	1.01	0.94	0.98	1.06	2.91	13.87
20	0.02	0.10	0.16	0.26	0.48	3.37	1.11	0.79	0.74	0.77	0.83	2.91	11.53
21	0.02	0.08	0.12	0.20	0.38	2.65	0.88	0.62	0.58	0.60	0.66	2.91	9.69
22	0.01	0.06	0.10	0.16	0.30	2.09	0.69	0.49	0.46	0.47	0.52	2.91	8.24
23	0.01	0.05	0.08	0.12	0.24	1.64	0.54	0.38	0.36	0.37	0.41	2.91	7.10
24	0.01	0.04	0.06	0.10	0.18	1.29	0.43	0.30	0.28	0.29	0.32	2.91	6.21
25	0.01	0.03	0.05	0.08	0.15	1.01	0.34	0.24	0.22	0.23	0.25	2.91	5.50
26	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.80	0.26	0.19	0.18	0.18	0.20	2.91	4.95
27	0.00	0.02	0.03	0.05	0.09	0.63	0.21	0.15	0.14	0.14	0.16	2.91	4.51
28	0.00	0.02	0.02	0.04	0.07	0.49	0.16	0.12	0.11	0.11	0.12	2.91	4.17
29	0.00	0.01	0.02	0.03	0.06	0.39	0.13	0.09	0.09	0.09	0.10	2.91	3.90
30	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.30	0.10	0.07	0.07	0.07	0.08	2.91	3.69

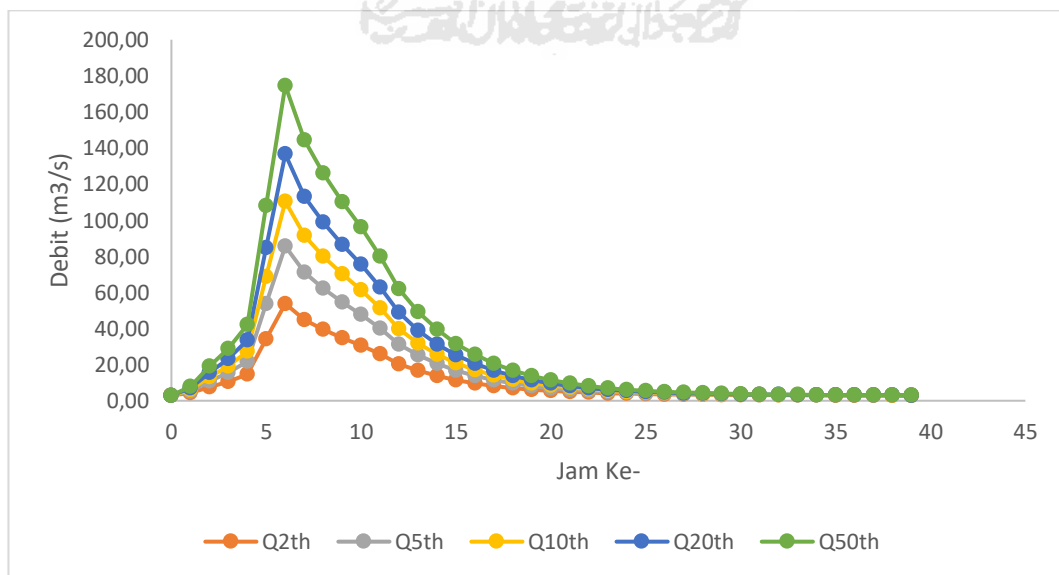
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana HSS Gama I

Jam	Debit Banjir (m ³ /s)				
	Q2th	Q5th	Q10th	Q20th	Q50th
0	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91
1	4.41	5.34	6.07	6.85	7.97
2	7.70	10.70	13.03	15.50	19.08
3	10.61	15.42	19.17	23.15	28.90
4	14.52	21.78	27.43	33.42	42.09
5	34.08	53.56	68.74	84.82	108.10

Jam	Debit Banjir (m ³ /s)				
	Q2th	Q5th	Q10th	Q20th	Q50th
6	53.78	85.58	110.35	136.60	174.60
7	44.81	71.00	91.41	113.02	144.32
8	39.42	62.24	80.01	98.85	126.11
9	34.71	54.58	70.06	86.47	110.22
10	30.56	47.85	61.31	75.58	96.24
11	25.76	40.04	51.17	62.96	80.02
12	20.38	31.30	39.80	48.81	61.86
13	16.65	25.23	31.92	39.01	49.27
14	13.71	20.46	25.72	31.30	39.37
15	11.40	16.71	20.85	25.23	31.58
16	9.59	13.76	17.02	20.46	25.45
17	8.16	11.45	14.00	16.71	20.64
18	7.04	9.62	11.63	13.76	16.85
19	6.16	8.19	9.77	11.45	13.87
20	5.46	7.06	8.30	9.62	11.53
21	4.92	6.17	7.15	8.19	9.69
22	4.49	5.48	6.24	7.06	8.24
23	4.15	4.93	5.53	6.17	7.10
24	3.89	4.50	4.97	5.48	6.21
25	3.68	4.16	4.53	4.93	5.50

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

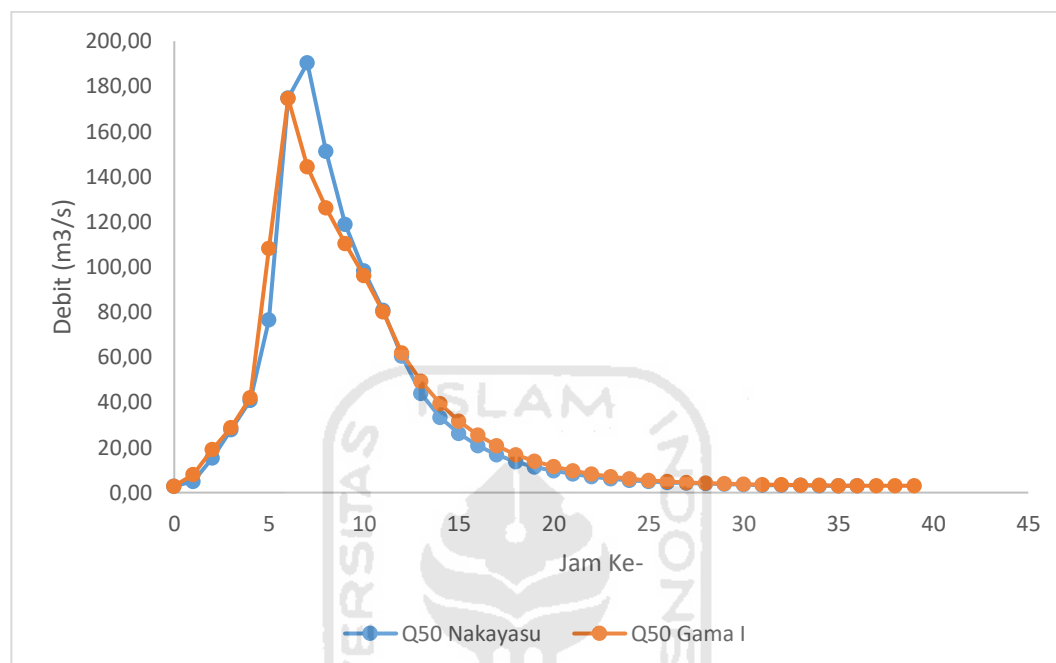


Gambar 5. 10 Debit Banjir Rencana HSS Gama I

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

4. Rekapitulasi Analisis Debit Banjir Rencana

Dengan metode yang sama, perhitungan debit rencana untuk kala ulang 2,5, 10, dan 20 tahun dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 5. 11 Perbandingan Debit Banjir Rencana antar HSS
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Dari perhitungan debit banjir rencana maka dipilih debit banjir Nakayasu Q 50 tahun sebesar 190,36 m³/detik, dan selanjutnya berdasarkan Peraturan Pemerintah No 38 Tahun 2011 Pasal 42 menyebutkan bahwa, dalam kegiatan identifikasi pemodelan banjir dianjurkan berdasarkan debit kala ulang 50 tahun.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rencana Maksimum

Kala Ulang	Nakayasu (m ³ /detik)	Gama I (m ³ /detik)
2	58.46	53.78
5	93.17	85.58
10	120.22	110.35
20	148.87	136.60
50	190.36	174.60

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

5.2 Simulasi Pemodelan Sungai Plumbon

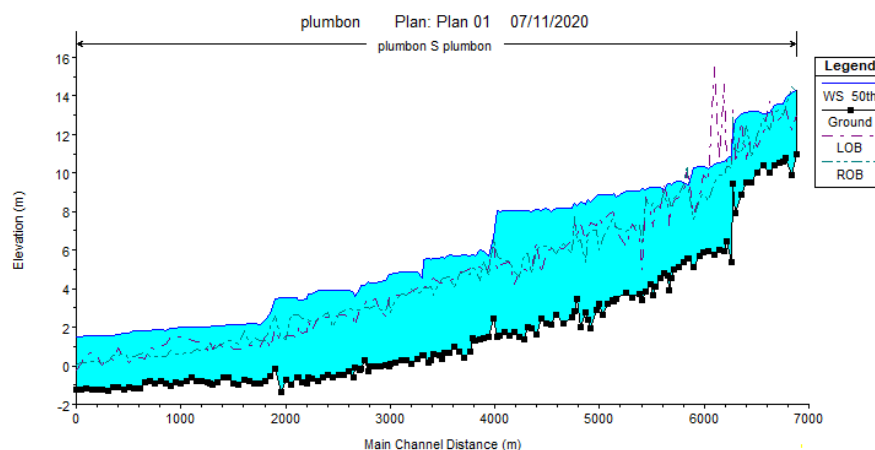
Analisis HEC-RAS adalah sebuah sistem yang didesain untuk penggunaan yang interaktif dalam lingkungan yang bermacam-macam. Ruang lingkup HEC-RAS adalah menghitung profil muka air dengan pemodelan aliran *steady* dan *unsteady*, serta penghitungan pengangkutan sedimen. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan aliran *steady*. Setelah dilakukan proses analisis simulasi aliran *steady*, maka hasil dari analisis hidrolika dengan menggunakan HEC-RAS dapat disajikan dalam beberapa bentuk tampilan, seperti penampang melintang dan penampang memanjang. Berikut merupakan hasil pemodelan Sungai Plumbon, pada kondisi eksisting dan pasca dilakukan kegiatan pengendalian banjir.

5.2.1 Kondisi Eksisting Sungai Plumbon

Untuk mengetahui kondisi eksisting Sungai Plumbon dilakukan simulasi menggunakan program HEC-RAS. Data topografi dan *cross section* sebagai input digunakan untuk memodelkan Sungai Plumbon pada kondisi eksisting. Berikut ini hasil pemodelan menggunakan program HEC-RAS.

1. Penampang Memanjang Sungai

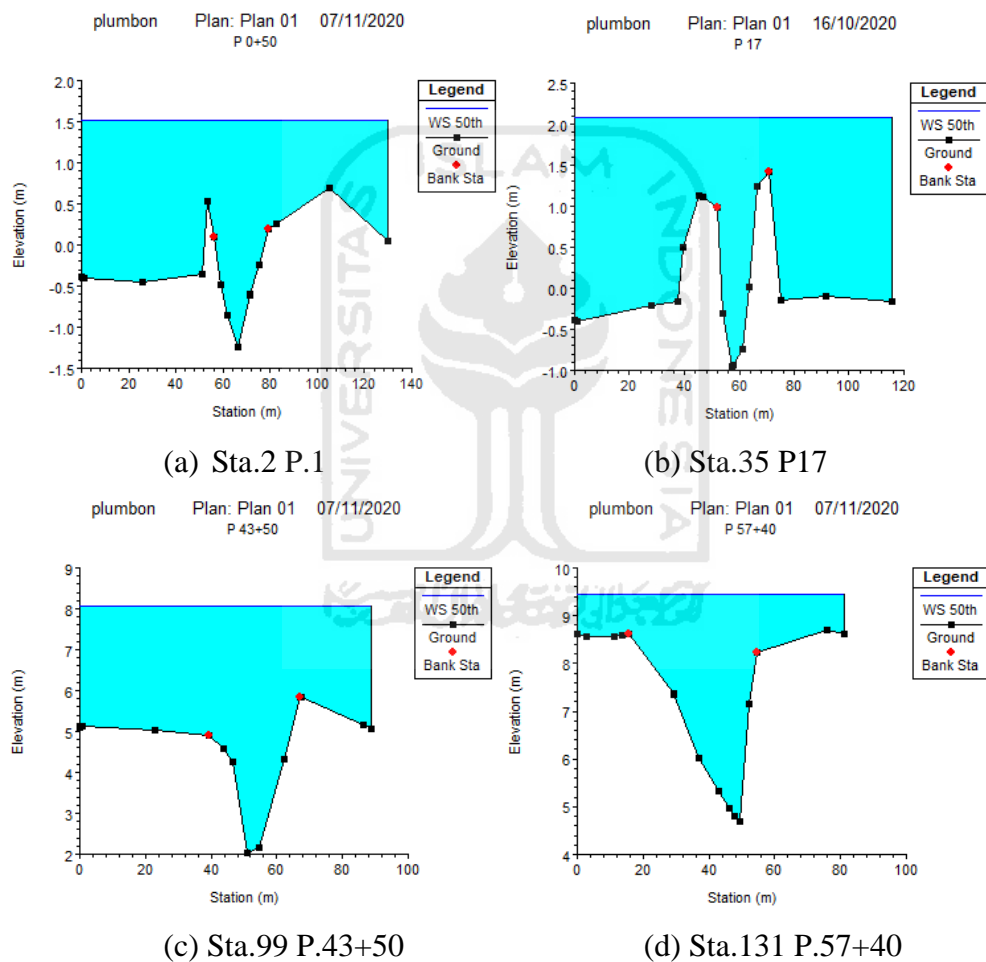
Gambar 5.12 menunjukkan bahwa terjadi limpasan hampir disepanjang alur Sungai Plumbon pada wilayah hilir. Hal ini ditunjukkan dengan garis tinggi muka air banjir (MAB) dengan debit sebesar $190,36\text{m}^3/\text{detik}$ melebihi tinggi dari tebing tertinggi sisi kanan dan sisi kiri disetiap alur sungai.



Gambar 5. 12 Profil Memanjang Sungai Plumbon Pada Kondisi Eksisting (Sumber : Hasil Analisis, 2020)

2. Penampang Melintang Sungai

Untuk melihat lebih deatail tinggi limpasan banjir, maka perlu ditampilkan profil melintang sungai. Pada Gambar 5.23 dapat dilakukan pengamatan elevasi MAB kala ulang 50 tahun. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa kapasitas tampungan pada kondisi eksisting tidak mampu menahan besarnya debit banjir rencana kala ulang 50 tahun sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil rekapitulasi tinggi muka air banjir (MAB) pada tiap stasiun akan disajikan pada Tabel 5.19.



Gambar 5. 13 Profil Melintang Sungai Plumbon Pada Kondisi Eksisting

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Gambar 5.13 merupakan penampang melintang kondisi eksisting Sungai Plumbon setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan debit $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada kedua sisi baik kanan maupun kiri terjadi limpasan banjir. Oleh karena itu,

perlu dilakukan peninggian tanggul. Elevasi (ketinggian) puncak tanggul harus ditentukan berdasar elevasi muka air banjir rencana ditambah tinggi jagaan (*freeboard*).

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Elevasi MAB Kondisi Eksisting

No	River sta	Cross Section	Jarak	Elevasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
1	161	P 70		12.98	14.19	10.95	14.25	Banjir Dikedua Tebing
2	160	P 69+50	50	12.27	14.48	9.87	14.14	Banjir Tebing Kiri
3	159	P 69	50	13.32	13.38	10.79	13.91	Banjir Dikedua Tebing
4	158	P 68+80	20	13.06	12.98	10.62	13.61	Banjir Dikedua Tebing
5	157	P 68+50	30	12.82	13.28	10.51	13.6	Banjir Dikedua Tebing
6	156	P 68	50	12.52	13.16	10.43	13.55	Banjir Dikedua Tebing
7	155	P 67+50	50	13.68	12.22	10.05	13.17	Banjir Tebing Kanan
8	154	P 67	50	12.07	12.85	10.42	13.1	Banjir Dikedua Tebing
9	153	P 66+50	50	11.33	12	9.99	13.19	Banjir Dikedua Tebing
10	152	P 66	50	11.83	10.83	9.53	13.18	Banjir Dikedua Tebing
11	151	P 65+50	50	10.71	12.47	9.52	13.11	Banjir Dikedua Tebing
12	150	P 65	50	12.64	11.07	8.87	13.06	Banjir Dikedua Tebing
13	149	P 64+50	50	10.54	11.18	7.93	12.76	Banjir Dikedua Tebing
14	148	P 64+13	37	13.29	12.9	9.46	12.11	-
15	147	P 64	13	10.68	10.26	5.35	10.91	Banjir Dikedua Tebing
16	146	P 63+50	50	10.38	10.34	6.48	10.71	Banjir Dikedua Tebing
17	145	P 63	50	14.58	9.88	5.93	10.58	Banjir Tebing Kanan
18	144	P 62+50	50	10.7	9.92	6.01	10.54	Banjir Tebing Kanan
19	143	P 62	50	15.58	9.51	5.78	10.47	Banjir Tebing Kanan
20	142	P 61+50	50	9.57	8.54	5.97	10.24	Banjir Dikedua Tebing
21	141	P 61	50	9.88	8.91	5.87	10.32	Banjir Dikedua Tebing
22	140	P 60+50	50	8.74	8.67	5.7	10.31	Banjir Dikedua Tebing
23	139	P 60	50	7.85	7.59	5.11	10.25	Banjir Dikedua Tebing
24	138	P 59+50	50	9.91	9.12	5.56	9.39	Banjir Tebing Kanan
25	137	P 59+34	16	10.26	10.38	5.54	9.41	-
26	136	P 59	34	9.02	9.44	5.4	9.52	Banjir Dikedua Tebing
27	135	P 58+50	50	8.74	8.86	5.15	9.56	Banjir Dikedua Tebing
28	134	P 108	50	8.56	8.69	4.99	9.52	Banjir Dikedua Tebing
29	133	P 57+75	25	8.1	8.18	4.58	9.42	Banjir Dikedua Tebing
30	132	P 57+50	25	7.29	8.66	3.93	9.46	Banjir Dikedua Tebing
31	131	P 57+40	10	8.61	8.22	4.69	9.45	Banjir Dikedua Tebing
32	130	P 56+98	42	9.48	9.02	4.81	9.16	Banjir Tebing Kanan
33	129	P 56+50	48	8.15	8.43	4.53	9.27	Banjir Dikedua Tebing
34	128	P 56	50	8.41	8.19	4.09	9.23	Banjir Dikedua Tebing
35	127	P 55+75	25	7.25	8.42	3.69	9.24	Banjir Dikedua Tebing
36	126	P 55+50	25	8	8.25	4.23	9.24	Banjir Dikedua Tebing
37	125	P 55	50	8.77	8.61	3.84	9.15	Banjir Dikedua Tebing
38	124	P 54	50	5.01	6.27	3.4	9.17	Banjir Dikedua Tebing
39	123	P 53+71	71.3	6.73	7.34	3.75	9.08	Banjir Dikedua Tebing
40	122	P 53+50	50	7.37	7.18	3.54	9.09	Banjir Dikedua Tebing
41	121	P 53	50	6.22	6.95	3.77	9.06	Banjir Dikedua Tebing
42	120	P 52+50	50	6.99	7.14	3.49	8.73	Banjir Dikedua Tebing
43	119	P 51+70	30	7.91	7.61	3.31	8.91	Banjir Dikedua Tebing
44	118	P 51+50	20	8	7.6	3.4	8.88	Banjir Dikedua Tebing
45	117	P 51	50	7.78	7.08	3.2	8.89	Banjir Dikedua Tebing
46	116	P 50+50	50	7.38	6.6	2.67	8.86	Banjir Dikedua Tebing

No	River sta	Cross Section	Jarak	Elevasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
47	115	P 50+19	31	7.69	5.99	3.19	8.86	Banjir Dikedua Tebing
48	114	P 50	19	7.3	7.01	2.92	8.84	Banjir Dikedua Tebing
49	113	P 49+50	50	7.4	7.04	1.97	8.49	Banjir Dikedua Tebing
50	112	P 49+24	26	6.9	6.82	2.4	8.64	Banjir Dikedua Tebing
51	111	P 49	24	6.54	5.4	2.74	8.38	Banjir Dikedua Tebing
52	110	P 48+50	50	7.37	6.55	2	8.51	Banjir Dikedua Tebing
53	109	CP 05	31.2	6.8	6.48	3.49	8.3	Banjir Dikedua Tebing
54	108	P 47+92	26.8	7.53	7.73	2.8	8.44	Banjir Dikedua Tebing
55	107	P 47+70	22	6.52	5.8	2.52	8.17	Banjir Dikedua Tebing
56	106	P 47+20	50	6.07	6.35	2.19	8.18	Banjir Dikedua Tebing
57	105	P 46+50	70	6.15	5.8	2.65	8.2	Banjir Dikedua Tebing
58	104	P 46	50	6.07	6.14	2.15	8.01	Banjir Dikedua Tebing
59	103	P 45+50	50	5.88	6.22	2.22	8.15	Banjir Dikedua Tebing
60	102	P 45	50	4.83	6.21	2.42	8.08	Banjir Dikedua Tebing
61	101	P 44+50	50	6.37	6	1.64	8.1	Banjir Dikedua Tebing
62	100	P 44	50	4.98	4.78	1.97	7.97	Banjir Dikedua Tebing
63	99	P 43+50	50	4.91	5.84	2.03	8.05	Banjir Dikedua Tebing
64	98	P 43	50	5	5.75	1.38	8.06	Banjir Dikedua Tebing
65	97	P 42+50	50	4.84	4.6	1.5	8.05	Banjir Dikedua Tebing
66	96	P 42	50	4.21	4.88	1.75	8.05	Banjir Dikedua Tebing
67	95	P 41+45	55	5.39	5.47	1.56	8.05	Banjir Dikedua Tebing
68	94	P 41	45	5.31	5.47	1.77	8.05	Banjir Dikedua Tebing
69	93	P 40+50	50	5.19	5.55	1.58	7.98	Banjir Dikedua Tebing
70	92	P 40+27	23	4.94	5.69	1.52	8.02	Banjir Dikedua Tebing
71	91	P 40	27	6.36	6.57	2.47	6.67	Banjir Dikedua Tebing
72	90	P 39+50	50	5.05	4.66	1.48	5.7	Banjir Dikedua Tebing
73	89	P 39	50	4.79	5.45	1.43	5.92	Banjir Dikedua Tebing
74	88	P 38+50	50	5.12	4.44	1.35	5.99	Banjir Dikedua Tebing
75	87	P 38	50	5.11	5.01	1.3	5.68	Banjir Dikedua Tebing
76	86	P 37+61	19	5.15	5.05	1.41	5.74	Banjir Dikedua Tebing
77	85	P 37+50	31	5.04	4.76	0.71	5.72	Banjir Dikedua Tebing
78	84	P 37	50	4.85	4.85	0.41	5.74	Banjir Dikedua Tebing
79	83	P 36+50	50	4.84	4.72	0.76	5.72	Banjir Dikedua Tebing
80	82	P 36	50	4.52	4.02	0.98	5.7	Banjir Dikedua Tebing
81	81	P 35+50	50	4.35	4.61	0.7	5.73	Banjir Dikedua Tebing
82	80	P 35	50	4.39	4.54	0.69	5.59	Banjir Dikedua Tebing
83	79	P 34+75	25	4.28	4.47	0.38	5.65	Banjir Dikedua Tebing
84	78	P 34+50	25	4.29	4.31	0.52	5.59	Banjir Dikedua Tebing
85	77	P 34	50	4.56	3.66	0.61	5.55	Banjir Dikedua Tebing
86	76	P 33+76	24	4.37	4.11	0.29	5.51	Banjir Dikedua Tebing
87	75	P33+50	26	4.14	4.07	0.18	5.56	Banjir Dikedua Tebing
88	74	P 33+7	43	4.07	4.02	0.57	5.51	Banjir Dikedua Tebing
89	73	P 33	7	4.21	3.88	0.56	4.54	Banjir Dikedua Tebing
90	72	P 32+50	50	4.04	3.75	0.35	4.85	Banjir Dikedua Tebing
91	71	P 32	50	3.88	3.98	0.1	4.85	Banjir Dikedua Tebing
92	70	P 31+50	50	3.69	3.67	0.3	4.86	Banjir Dikedua Tebing
93	69	P 31	50	3.68	3.73	0.27	4.85	Banjir Dikedua Tebing
94	68	P 30+50	50	3.65	3.44	0.14	4.81	Banjir Dikedua Tebing
95	67	P 30	50	3.62	2.75	0.08	4.75	Banjir Dikedua Tebing
96	66	P 29+81	19	3.59	3.43	0	4.74	Banjir Dikedua Tebing
97	65	P 29+50	31	2.6	2.81	0.02	4.39	Banjir Dikedua Tebing
98	64	P 29	50	2.79	2.87	-0.04	4.36	Banjir Dikedua Tebing
99	63	P 28+50	50	3.49	3.15	-0.01	4.32	Banjir Dikedua Tebing
100	62	P 28	50	3.35	2.98	-0.04	4.27	Banjir Dikedua Tebing
101	61	P 27+90	10	3.47	3.03	-0.29	4.34	Banjir Dikedua Tebing

No	River sta	Cross Section	Jarak	Elevasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
102	60	P 27+50	40	3.2	3.01	0.27	4.15	Banjir Dikedua Tebing
103	59	P 27+11	39	3	2.85	-0.13	4.18	Banjir Dikedua Tebing
104	58	P 27	11	2.96	2.89	-0.21	4.01	Banjir Dikedua Tebing
105	57	P 26+50	50	2.07	2.92	-0.09	3.63	Banjir Dikedua Tebing
106	56	P 26+41	9	2.51	2.9	-0.59	3.79	Banjir Dikedua Tebing
107	55	P 26	41	2.5	2.93	-0.28	3.94	Banjir Dikedua Tebing
108	54	P 25+50	50	2.63	2.82	-0.47	3.94	Banjir Dikedua Tebing
109	53	P 25	50	2.63	2.68	-0.5	3.94	Banjir Dikedua Tebing
110	52	P 24+50	50	2.46	1.99	-0.57	3.93	Banjir Dikedua Tebing
111	51	P 24	50	2.5	2.8	-0.48	3.93	Banjir Dikedua Tebing
112	50	P 23+50	50	2.51	2.58	-0.62	3.92	Banjir Dikedua Tebing
113	49	P 23+5	45	2.51	2.38	-0.77	3.88	Banjir Dikedua Tebing
114	48	P 22+50	55	1.8	2.23	-0.65	3.71	Banjir Dikedua Tebing
115	47	P 22+15	35	2.32	2.4	-0.57	3.72	Banjir Dikedua Tebing
116	46	P 22	15	1.77	2.41	-0.95	3.5	Banjir Dikedua Tebing
117	45	P 21+50	50	1.72	2.48	-0.86	3.42	Banjir Dikedua Tebing
118	44	P 21+15	35	2.06	2.64	-0.61	3.39	Banjir Dikedua Tebing
119	43	P 21	15	1.53	2.63	-0.59	3.54	Banjir Dikedua Tebing
120	42	P 20+50	50	1.55	2.64	-0.96	3.54	Banjir Dikedua Tebing
121	41	P 20	50	1.59	1.36	-0.74	3.54	Banjir Dikedua Tebing
122	40	P 19+50	50	1.25	1.46	-1.39	3.53	Banjir Dikedua Tebing
123	39	P 19B	50	1.87	2.56	-0.16	3.47	Banjir Dikedua Tebing
124	38	P 18+50	50	0.93	2	-0.55	2.69	Banjir Dikedua Tebing
125	37	P 18	50	1.59	1.34	-0.78	2.37	Banjir Dikedua Tebing
126	36	P 17+54	46	1	1.3	-0.91	2.12	Banjir Dikedua Tebing
127	35	P 17	54	0.98	1.42	-0.95	2.21	Banjir Dikedua Tebing
128	34	P 16+50	50	1.03	1.11	-0.76	2.19	Banjir Dikedua Tebing
129	33	P 16	50	0.9	1.82	-0.75	2.16	Banjir Dikedua Tebing
130	32	P 15+50	50	0.89	1.11	-0.98	2.15	Banjir Dikedua Tebing
131	31	P 15	50	0.88	1.25	-0.9	2.14	Banjir Dikedua Tebing
132	30	P 14+50	50	1.13	1.3	-0.61	2.1	Banjir Dikedua Tebing
133	29	P 14	50	0.91	1.17	-0.58	2.09	Banjir Dikedua Tebing
134	28	P 13+50	50	1.29	0.99	-0.88	2.08	Banjir Dikedua Tebing
135	27	P 13	50	0.88	0.83	-0.96	2.08	Banjir Dikedua Tebing
136	26	P 12+80	20	1.22	1.21	-0.91	2	Banjir Dikedua Tebing
137	25	P 12+50	30	0.8	0.99	-0.86	2.03	Banjir Dikedua Tebing
138	24	P 12	50	1.21	0.72	-0.8	2.02	Banjir Dikedua Tebing
139	23	P 11+50	50	1.23	0.85	-0.81	2.01	Banjir Dikedua Tebing
140	22	P 11	50	1.34	0.69	-0.58	2	Banjir Dikedua Tebing
141	21	P 10+50	50	1.46	0.67	-0.78	1.99	Banjir Dikedua Tebing
142	20	P 10	50	1.49	0.58	-0.94	1.98	Banjir Dikedua Tebing
143	19	P 9+50	50	1.42	0.6	-0.85	1.96	Banjir Dikedua Tebing
144	18	P 9	50	1.49	0.77	-1.03	1.94	Banjir Dikedua Tebing
145	17	P 8+50	50	1.09	0.46	-0.89	1.84	Banjir Dikedua Tebing
146	16	P 8	50	1	0.46	-0.79	1.87	Banjir Dikedua Tebing
147	15	P 7+50	50	0.87	0.49	-0.93	1.86	Banjir Dikedua Tebing
148	14	P 7	50	0.94	0.48	-0.81	1.84	Banjir Dikedua Tebing
149	13	P 6+50	50	0.37	0.64	-0.88	1.82	Banjir Dikedua Tebing
150	12	P 6	50	0.44	0.6	-1.18	1.81	Banjir Dikedua Tebing
151	11	P 5+50	50	0.34	0.45	-1.17	1.79	Banjir Dikedua Tebing
152	10	P 5	50	0.14	0.38	-1.12	1.68	Banjir Dikedua Tebing
153	9	P 4+50	50	0.34	0.65	-1.21	1.72	Banjir Dikedua Tebing
154	8	P 4	50	0.9	0.57	-1.1	1.66	Banjir Dikedua Tebing
155	7	P 3+50	50	0.32	0.54	-1.12	1.59	Banjir Dikedua Tebing
156	6	P +3	50	0.47	0.2	-1.27	1.59	Banjir Dikedua Tebing

No	River sta	Cross Section	Jarak	Elevasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Dasar (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
157	5	P 2+50	50	0.04	0.12	-1.25	1.58	Banjir Dikedua Tebing
158	4	P 2	50	0.55	0.23	-1.22	1.58	Banjir Dikedua Tebing
159	3	P 1+50	50	0.69	0.22	-1.25	1.56	Banjir Dikedua Tebing
160	2	P 1	50	0.59	0.18	-1.2	1.55	Banjir Dikedua Tebing
161	1	P 0+50	50	0.1	0.19	-1.25	1.52	Banjir Dikedua Tebing
162	0	P 0	50	-0.2	0.02	-1.23	1.5	Banjir Dikedua Tebing

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

5.2.2 Pengendalian Banjir Sungai Plumbon

Berdasarkan hasil yang didapat setelah dilakukan simulasi banjir dengan debit 50 tahun sebesar 190,36 m³/detik pada kondisi eksisting, disimpulkan bahwa penampang eksisting Sungai Plumbon tidak mampu untuk menampung debit sebesar 190,36 m³/detik dan menyebabkan limpasan yang terjadi di beberapa titik pada Sungai Plumbon sehingga perlu dilakukan tindakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Kegiatan pengendalian banjir dalam penelitian ini dilakukan dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul Sungai Plumbon. Tanggul yang direncanakan berupa tanggul *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) agar tebing sungai dapat tegak sehingga penampang sungai dapat dibuat segi empat. Hal ini dilakukan supaya tidak terlalu memakai lahan di sempadan sungai karena Sungai Plumbon daerah hilir sebagian besar berada pada kawasan pemukiman.



Gambar 5. 14 CCSP Sebagai Tanggul Sungai

(Sumber : <http://Knowledge.Brantas-Abipraya.Co.Id/>)

Adapun ruas-ruas yang akan dilakukan normalisasi pada Sungai Plumbon dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

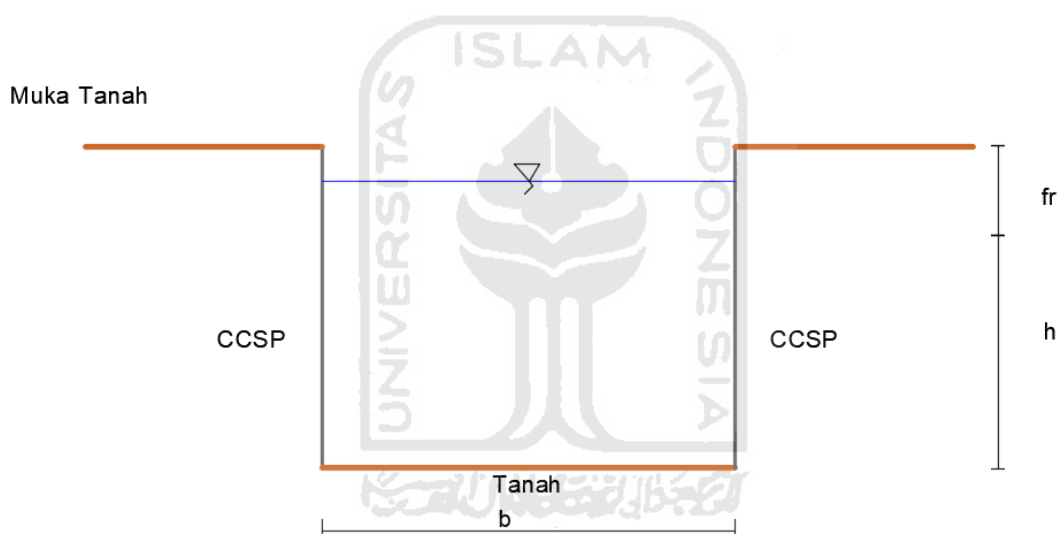
Tabel 5. 20 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Normalisasi

No	Segmen	Stasiun	Cross Section	Jarak (m)	Elv. Dasar (m)	Elv. Tebing (m)	Lebar Sal. (m)	Tinggi Sal. (m)	Freeboard (m)	Manning
1	Segmen 4	Sta.143	P.62	1300	5.78	9.51				0.0275
		Sta.111	P.49		2.74	5.4	20	2.66	0.6	
2	Segmen 3	Sta.111	P.49	873	2.74					0.0273
		Sta.92	P.40+27		1.52	4.94	25	3.42	0.6	
3	Segmen 2	Sta.92	P.40+27	2027	1.52					0.0284
		Sta.41	P.20		-0.74	1.36	25	2.1	0.6	
4	Segmen 1	Sta.41	P.20	2000	-0.74					0.0293
		Sta.0	P.0		-1.23	0.02	25	1.25	0.6	

Lanjutan Tabel Analisis Kapasitas Penampang Sungai Normalisasi

No	Segmen	Kemiringan Sal.	Luas Basah (m ²)	Kel. Basah (m)	Jari-jari Hidr. (m)	Kec. Aliran (m/s)	Debit Sal. (m ³ /s)	Q50th (m ³ /s)	Keterangan
1	Segmen 4	0.0023	41.2			2.51	103.50	190.4	Perlu Tanggul
				24.12	1.71				
2	Segmen 3	0.0014				2.39	168.21	190.4	Perlu Tanggul
			70.5	30.64	2.30				
3	Segmen 2	0.0011				1.43	53.48	190.4	Perlu Tanggul
			37.5	28	1.34				
4	Segmen 1	0.0002				0.39	6.30	190.4	Perlu Tanggul
			16.25	26.3	0.62				

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Gambar 5. 15 Model Penampang Sungai Normalisasi
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Dasar dari perencanaan tanggul adalah setelah dilakukan perencanaan normalisasi ternyata masih ada penampang sungai yang tidak bisa mengalirkan debit banjir 50 tahun, sehingga diperlukan perencanaan tanggul. Adapun ruas-ruas yang akan dilakukan perencanaan tanggul pada Sungai Plumbon dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

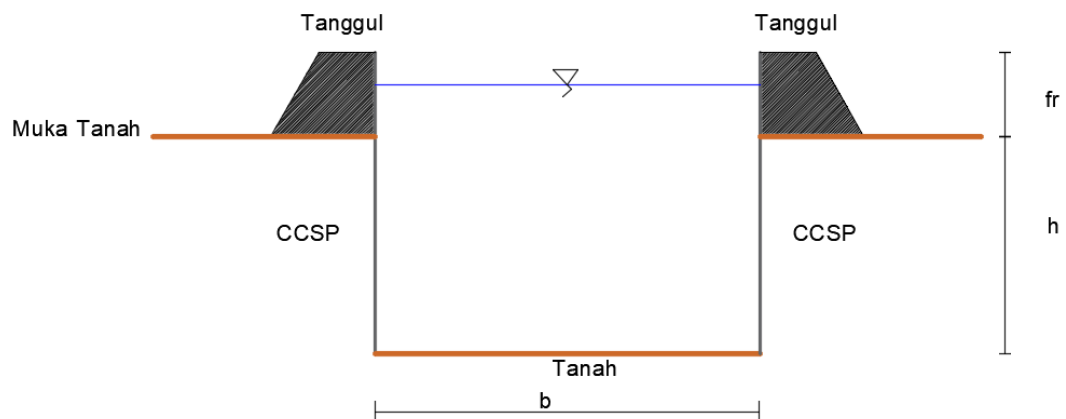
Tabel 5. 21 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Normalisasi dan Tanggul

No	Segmen	Stasiun	Cross Section	Jarak (m)	Elv. Dasar (m)	Elv. Tebing (m)	Lebar Sal. (m)	Tinggi Sal. (m)	Freeboard (m)	Manning
1	Segmen 4	Sta.143	P.62	1300	5.78					0.0265
		Sta.111	P.49		2.74	6.5	20	3.76	0.6	
2	Segmen 3	Sta.111	P.49	873	2.74					0.0267
		Sta.92	P.40+27		1.52	5.7	25	4.18	0.6	
3	Segmen 2	Sta.92	P.40+27	2027	1.52					0.0265
		Sta.41	P.20		-0.74	3.7	25	4.44	0.6	
4	Segmen 1	Sta.41	P.20	2000	-0.74					0.0265
		Sta.0	P.0		-2.1	2.4	25	4.5	0.6	

Lanjutan Tabel Analisis Kapasitas Penampang Sungai Normalisasi

No	Segmen	Kemiringan Sal.	Luas Basah (m ²)	Kel. Basah (m)	Jari-jari Hidr. (m)	Kec. Aliran (m/s)	Debit Sal. (m ³ /s)	Q50th (m ³ /s)	Keterangan
1	Segmen 4	0.0023	63.2			3.28	207.11	190.4	Aman
				26.32	2.40				
2	Segmen 3	0.0014	89.5	32.16	2.78	2.77	247.68	190.4	Aman
3	Segmen 2	0.0011	96	32.68	2.94	2.58	247.75	190.4	Aman
4	Segmen 1	0.0007	97.5	32.8	2.97	2.03	198.38	190.4	Aman

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)



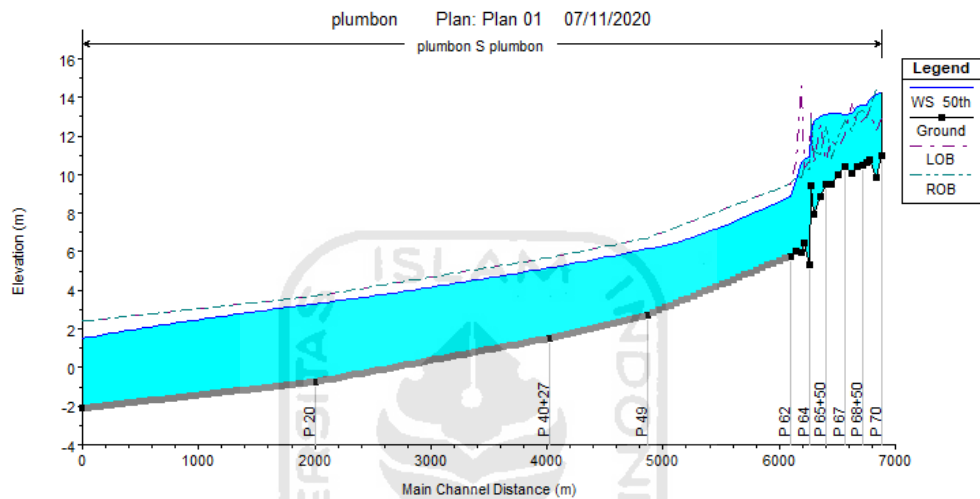
Gambar 5. 16 Model Penampang Sungai Normalisasi dan Tanggul

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Berdasarkan hasil analisis pada kondisi desain (normalisasi dan pembuatan tanggul), didapatkan hasil yang akan diuraikan sebagai berikut ini.

1. Penampang Memanjang Sungai

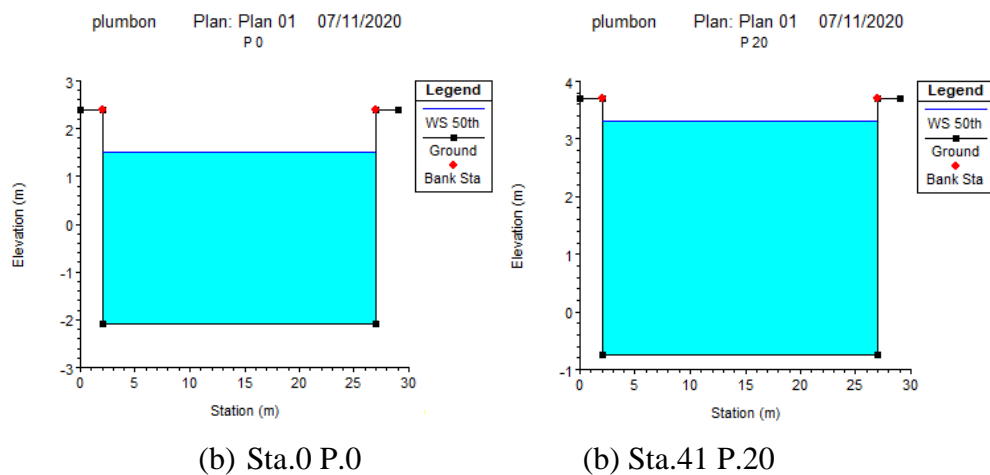
Pada Gambar 5.17 menunjukkan rencana desain pengendalian banjir dengan cara normalisasi sungai dan pembuatan tanggul. Dengan demikian tidak terlihat limpasan yang terjadi dari Sta.143 P.62 sampai ke hilir Sungai Plumbon.



Gambar 5. 17 Profil Memanjang Sungai Plumbon Setelah Normalisasi dan Pembuatan Tanggul
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

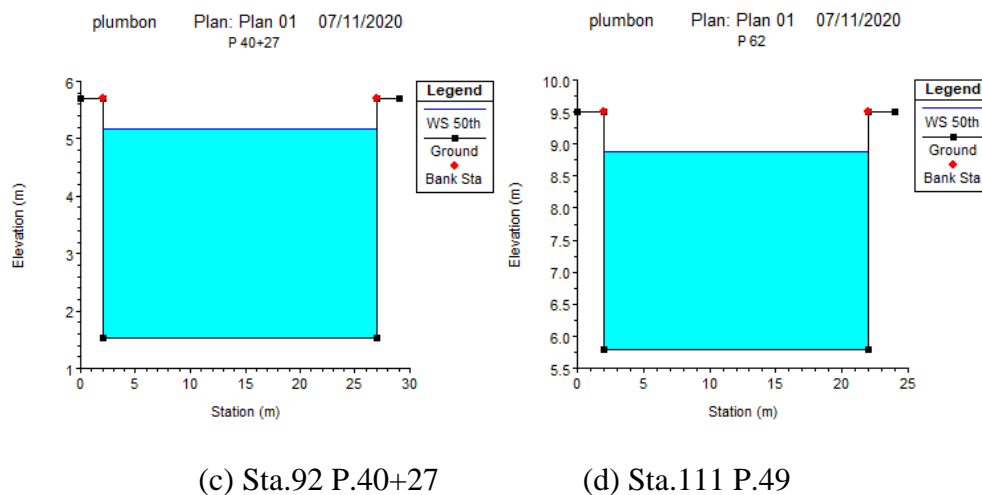
2. Penampang Melintang Sungai

Hasil analisis menunjukkan kapasitas tampungan rencana dapat menampung debit banjir rencana sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil rekapitulasi tinggi muka air banjir pada setiap stasiun akan disajikan pada Tabel 5.22



(b) Sta.0 P.0

(b) Sta.41 P.20



Gambar 5. 18 Profil Potongan Melintang Sungai Plumbon Setelah Normalisasi
(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Dalam simulasi pengendalian banjir dengan cara normalisasi alur sungai dan pembuatan tanggul dilakukan per segmen sepanjang alur sungai. Hasil analisis dan rekapitulasi tinggi muka air banjir (MAB) setelah penanganan pada Tabel 5.22, terlihat bahwa didaerah yang tidak dilakukan kegiatan normalisasi masih mengalami limpasan.

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Elevasi MAB Setelah Penanganan

No	River Sta	Jarak	Elevasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
1	161	48.29	12.98	14.19	14.25	Banjir Dikedua Tebing
2	160	55.66	12.27	14.48	14.14	Banjir Tebing Kiri
3	159	26.13	13.32	13.38	13.91	Banjir Dikedua Tebing
4	158	38.88	13.06	12.98	13.61	Banjir Dikedua Tebing
5	157	44.53	12.82	13.28	13.6	Banjir Dikedua Tebing
6	156	50.67	12.52	13.16	13.55	Banjir Dikedua Tebing
7	155	56.75	13.68	12.22	13.17	Banjir Tebing Kanan
8	154	55.7	12.07	12.85	13.1	Banjir Dikedua Tebing
9	153	57.45	11.33	12	13.19	Banjir Dikedua Tebing
10	152	49.03	11.83	10.83	13.18	Banjir Dikedua Tebing
11	151	45.57	10.71	12.47	13.11	Banjir Dikedua Tebing
12	150	55.03	12.64	11.07	13.06	Banjir Dikedua Tebing
13	149	30.94	10.54	11.18	12.76	Banjir Dikedua Tebing
14	148	11.99	13.29	12.9	12.11	Aman
15	147	47.59	10.68	10.26	10.94	Banjir Dikedua Tebing

No	River Sta	Jarak	Elvasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
16	146	14.57	10.38	10.34	10.75	Banjir Dikedua Tebing
17	145	50.61	14.58	9.88	10.66	Banjir Tebing Kanan
18	144	47.89	10.7	9.92	9.73	Aman
19	143	49.392	9.51	9.51	8.87	Aman
20	141.72*	49.392	9.4	9.4	8.73	Aman
21	140.44*	49.392	9.29	9.29	8.6	Aman
22	139.16*	49.392	9.17	9.17	8.46	Aman
23	137.88*	49.392	9.06	9.06	8.32	Aman
24	136.60*	49.392	8.95	8.95	8.19	Aman
25	135.32*	49.392	8.84	8.84	8.05	Aman
26	134.04*	49.392	8.72	8.72	7.92	Aman
27	132.76*	49.392	8.61	8.61	7.79	Aman
28	131.48*	49.392	8.5	8.5	7.66	Aman
29	130.20*	49.392	8.39	8.39	7.54	Aman
30	128.92*	49.392	8.27	8.27	7.41	Aman
31	127.64*	49.392	8.16	8.16	7.29	Aman
32	126.36*	49.392	8.05	8.05	7.18	Aman
33	125.08*	49.392	7.94	7.94	7.06	Aman
34	123.80*	49.392	7.82	7.82	6.95	Aman
35	122.52*	49.392	7.71	7.71	6.85	Aman
36	121.24*	49.392	7.6	7.6	6.75	Aman
37	119.96*	49.392	7.49	7.49	6.65	Aman
38	118.68*	49.392	7.37	7.37	6.57	Aman
39	117.40*	49.392	7.26	7.26	6.48	Aman
40	116.12*	49.392	7.15	7.15	6.41	Aman
41	114.84*	49.392	7.04	7.04	6.33	Aman
42	113.56*	49.392	6.93	6.93	6.27	Aman
43	112.28*	49.392	6.81	6.81	6.21	Aman
44	111	49.392	6.7	6.7	6.15	Aman
45	109.88*	49.392	6.64	6.64	6.09	Aman
46	108.76*	49.392	6.58	6.58	6.02	Aman
47	107.65*	49.392	6.52	6.52	5.96	Aman
48	106.53*	49.392	6.47	6.47	5.9	Aman
49	105.41*	49.392	6.41	6.41	5.84	Aman
50	104.29*	49.392	6.35	6.35	5.78	Aman
51	103.18*	49.392	6.29	6.29	5.72	Aman
52	102.06*	49.392	6.23	6.23	5.66	Aman
53	100.94*	49.392	6.17	6.17	5.6	Aman

No	River Sta	Jarak	Elvasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
54	99.82*	49.392	6.11	6.11	5.55	Aman
55	98.71*	49.392	6.05	6.05	5.49	Aman
56	97.59*	49.392	5.99	5.99	5.44	Aman
57	96.47*	49.392	5.94	5.94	5.38	Aman
58	95.35*	49.392	5.88	5.88	5.33	Aman
59	94.24*	49.392	5.82	5.82	5.27	Aman
60	93.12*	49.393	5.76	5.76	5.22	Aman
61	92	49.155	5.7	5.7	5.17	Aman
62	90.756*	49.155	5.65	5.65	5.12	Aman
63	89.512*	49.155	5.6	5.6	5.07	Aman
64	88.268*	49.155	5.55	5.55	5.02	Aman
65	87.024*	49.155	5.5	5.5	4.97	Aman
66	85.780*	49.155	5.46	5.46	4.92	Aman
67	84.537*	49.155	5.41	5.41	4.87	Aman
68	83.293*	49.155	5.36	5.36	4.82	Aman
69	82.049*	49.155	5.31	5.31	4.77	Aman
70	80.805*	49.155	5.26	5.26	4.72	Aman
71	79.561*	49.155	5.21	5.21	4.67	Aman
72	78.317*	49.155	5.16	5.16	4.62	Aman
73	77.073*	49.155	5.11	5.11	4.57	Aman
74	75.829*	49.155	5.07	5.07	4.52	Aman
75	74.585*	49.155	5.02	5.02	4.47	Aman
76	73.341*	49.155	4.97	4.97	4.42	Aman
77	72.098*	49.155	4.92	4.92	4.38	Aman
78	70.854*	49.155	4.87	4.87	4.33	Aman
79	69.610*	49.155	4.82	4.82	4.28	Aman
80	68.366*	49.155	4.77	4.77	4.23	Aman
81	67.122*	49.155	4.72	4.72	4.19	Aman
82	65.878*	49.155	4.68	4.68	4.14	Aman
83	64.634*	49.155	4.63	4.63	4.09	Aman
84	63.390*	49.155	4.58	4.58	4.05	Aman
85	62.146*	49.155	4.53	4.53	4	Aman
86	60.902*	49.155	4.48	4.48	3.96	Aman
87	59.659*	49.155	4.43	4.43	3.91	Aman
88	58.415*	49.155	4.38	4.38	3.87	Aman
89	57.171*	49.155	4.33	4.33	3.83	Aman
90	55.927*	49.155	4.28	4.28	3.78	Aman
91	54.683*	49.155	4.24	4.24	3.74	Aman

No	River Sta	Jarak	Elvasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
92	53.439*	49.155	4.19	4.19	3.7	Aman
93	52.195*	49.155	4.14	4.14	3.66	Aman
94	50.951*	49.155	4.09	4.09	3.62	Aman
95	49.707*	49.155	4.04	4.04	3.58	Aman
96	48.463*	49.155	3.99	3.99	3.54	Aman
97	47.220*	49.155	3.94	3.94	3.5	Aman
98	45.976*	49.155	3.9	3.9	3.46	Aman
99	44.732*	49.155	3.85	3.85	3.42	Aman
100	43.488*	49.155	3.8	3.8	3.38	Aman
101	42.244*	49.154	3.75	3.75	3.34	Aman
102	41	48.932	3.7	3.7	3.31	Aman
103	40.000*	48.932	3.67	3.67	3.27	Aman
104	39.000*	48.932	3.64	3.64	3.23	Aman
105	38.000*	48.932	3.6	3.6	3.19	Aman
106	37.000*	48.932	3.57	3.57	3.15	Aman
107	36.000*	48.932	3.54	3.54	3.11	Aman
108	35.000*	48.932	3.51	3.51	3.08	Aman
109	34.000*	48.932	3.48	3.48	3.04	Aman
110	33.000*	48.932	3.45	3.45	3	Aman
111	32.000*	48.932	3.41	3.41	2.96	Aman
112	31.000*	48.932	3.38	3.38	2.92	Aman
113	30.000*	48.932	3.35	3.35	2.88	Aman
114	29.000*	48.932	3.32	3.32	2.84	Aman
115	28.000*	48.932	3.29	3.29	2.8	Aman
116	27.000*	48.932	3.26	3.26	2.76	Aman
117	26.000*	48.932	3.22	3.22	2.72	Aman
118	25.000*	48.932	3.19	3.19	2.68	Aman
119	24.000*	48.932	3.16	3.16	2.63	Aman
120	23.000*	48.932	3.13	3.13	2.59	Aman
121	22.000*	48.932	3.1	3.1	2.55	Aman
122	21.000*	48.932	3.07	3.07	2.51	Aman
123	20.000*	48.932	3.03	3.03	2.47	Aman
124	19.000*	48.932	3	3	2.42	Aman
125	18.000*	48.932	2.97	2.97	2.38	Aman
126	17.000*	48.932	2.94	2.94	2.33	Aman
127	16.000*	48.932	2.91	2.91	2.29	Aman
128	15.000*	48.932	2.88	2.88	2.25	Aman
129	14.000*	48.932	2.84	2.84	2.2	Aman

No	River Sta	Jarak	Elvasi LOB (m)	Elevasi ROB (m)	Elevasi Muka Air (m)	Keterangan
130	13.000*	48.932	2.81	2.81	2.16	Aman
131	12.000*	48.932	2.78	2.78	2.11	Aman
132	11.000*	48.932	2.75	2.75	2.06	Aman
133	10.000*	48.932	2.72	2.72	2.02	Aman
134	9.000*	48.932	2.68	2.68	1.97	Aman
135	8.000*	48.932	2.65	2.65	1.92	Aman
136	7.000*	48.932	2.62	2.62	1.87	Aman
137	6.000*	48.932	2.59	2.59	1.82	Aman
138	5.000*	48.932	2.56	2.56	1.77	Aman
139	4.000*	48.932	2.53	2.53	1.72	Aman
140	3.000*	48.932	2.5	2.5	1.66	Aman
141	2.000*	48.932	2.46	2.46	1.61	Aman
142	1.000*	48.931	2.43	2.43	1.56	Aman
143	0	0	2.4	2.4	1.5	Aman

(Sumber : Hasil Analisis, 2020)

Keterangan :

-  Segmen 1
-  Segmen 2
-  Segmen 3
-  Segmen 4

Dilihat dari Tabel 5.22, dapat disimpulkan setelah dilakukan pengendalian banjir dengan metode normalisasi dan pembuatan tanggul, untuk segmen 1 P.0 – P.20 tidak terjadi lagi limpasan baik pada sisi kanan maupun sisi kiri sungai. Hal serupa juga terjadi pada segmen 2 (P.20 – P.40+27), segmen 3 (P.40+27 – P.49), dan segmen 4 (P.49 – P.62) limpasan yang sebelumnya terjadi sudah tidak ada lagi.

5.3 Pembahasan

Pembahasan pada penelitian ini menitik beratkan pada (1) debit banjir rencana yang digunakan, (2) kondisi eksisting Sungai Plumbon, dan (3) pengendalian banjir. Adapun pembahasan secara penjabaran dapat dilihat pada point dibawah ini.

5.3.1 Debit Banjir Rencana

Menurut Peraturan Pemerintah No.38 Tahun 2011 Pasal 42 Tentang Sungai, debit banjir yang digunakan adalah kala ulang 50 tahun. Hasil analisis menggunakan metode HSS Nakayasu didapatkan debit banjir kala ulang 50 tahun sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$.

5.3.2 Kondisi Eksisting Sungai Plumbon

Simulasi pemodelan dilakukan dengan menggunakan bantuan program HEC-RAS 5.0.7. Setelah dilakukan proses simulasi aliran *steady* dengan menggunakan debit banjir rencana kala ulang 50 tahun sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$, didapatkan beberapa hasil tampilan seperti penampang memanjang dan penampang melintang. Dari hasil yang didapatkan, dapat disimpulkan penampang Sungai Plumbon pada kondisi eksisting tidak dapat menampung debit banjir rencana sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil simulasi memperlihatkan banyak terjadi limpasan di beberapa titik khususnya dibagian hilir, dimulai dari Sta.162 P.0 – Sta.143 P.62 atau sepanjang 6171,3 Km dari hilir Sungai Plumbon.

5.3.3. Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir dalam penelitian ini dipilih metode pengendalian banjir dengan cara struktur yaitu normalisasi dan pembuatan tanggul pada Sungai Plumbon. Pengendalian banjir dibagi menjadi 4 (empat) segmen, untuk segmen 1 dimulai dari Sta.162 P.0 – Sta.41 P.20 dilakukan normalisasi. Segmen 1 normalisasi direncanakan berbentuk segi empat dengan dimensi lebar 25 meter dan tinggi 2,4 meter sepanjang 2000 meter. Segmen 2 yang dimulai dari Sta.41 P.20 – Sta.92 P.40+27 dilakukan pengendalian banjir dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul. Rencana normalisasi menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 25 meter dan tinggi 2,4 meter sepanjang 2027 meter. Segmen 3 yang dimulai dari Sta.92 P.40+27 – Sta.111 P.49 dilakukan pengendalian banjir dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul sungai. Rencana normalisasi menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 25 meter sepanjang

880 meter dan tinggi tanggul 1 meter. Sedangkan segmen 4 yang dimulai dari Sta. 111 P.49 – Sta.143 P.62 dilakukan pengendalian banjir dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul. Rencana normalisasi menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 20 meter dan tinggi 1,1 meter sepanjang 1300 meter. Pemilihan normalisasi dan pembuatan tanggul lebih kepada terbatasnya lahan, dikarenakan sungai Plumbon melewati wilayah padat penduduk



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Sesuai dengan rumusan masalah, tujuan penelitian dan analisis serta pembahasan yang telah dijabarkan di bab-bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Sungai Plumbon memiliki debit banjir rencana kala ulang 50 tahun sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa Sungai Plumbon pada kondisi eksisting tidak dapat mengalirkan debit banjir rencana sebesar $190,36 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada Sta.162 P.0 – Sta.143. P.62, sehingga terjadi limpasan hampir sepanjang ± 6000 meter dari hilir Sungai Plumbon.
3. Penanganan yang dilakukan dalam upaya untuk mengendalikan banjir pada Sungai Plumbon dipilih metode struktural, yaitu dengan normalisasi dan pembuatan tanggul. Pengendalian banjir dibagi menjadi 4 (empat) segmen, untuk segmen 1 dimulai dari Sta.162 P.0 – Sta.41 P.20 dilakukan normalisasi. Segmen 1 normalisasi direncanakan berbentuk segi empat dengan dimensi lebar 25 meter dan tinggi 2,4 meter sepanjang 2000 meter. Segmen 2 yang dimulai dari Sta.41 P.20–Sta.92 P.40+27 dilakukan pengendalian banjir dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul. Rencana normalisasi menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 25 meter dan tinggi 2,4 meter sepanjang 2030 meter. Segmen 3 yang dimulai dari Sta.92 P.40+27 – Sta.111 P.49 dilakukan pengendalian banjir dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul. Rencana normalisasi menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 25 meter sepanjang 880 meter dan tinggi tanggul 1 meter. Sedangkan segmen 4 yang dimulai dari Sta. 111 P.49 – Sta.143 P.62 dilakukan pengendalian banjir dengan cara normalisasi dan pembuatan tanggul. Rencana normalisasi menggunakan penampang berbentuk segi empat dengan lebar 20 meter dan tinggi 1,1 meter sepanjang 1300 meter.

6.2 Saran

Dari hasil analisis dan pembahasan, serta kesimpulan yang telah didapatkan, maka dapat diberikan beberapa saran dan rekomendasi sebagai berikut ini.

1. Dapat dilakukan kajian dan simulasi lebih lanjut untuk kelengkapan penelitian, dengan memasukan parameter-parameter seperti tata guna lahan, serta pengaruh dari bangunan-bangunan air di sepanjang aliran Sungai Plumbon.
2. Perlu adanya kajian dan studi lebih lanjut tentang biaya pengendalian banjir di Sungai Plumbon.
3. Dibutuhkan sosialisasi kepada masyarakat tentang dampak yang disebabkan oleh luapan Sungai Plumbon sehingga masyarakat dan Pemkot Semarang dapat bersinergi dalam menjaga dan memelihara infrastruktur yang telah dibangun.



DAFTAR PUSTAKA

- Angga, Welly, (2019). *Pengendalian Banjir Sungai Babon Kota Semarang, Jawa Tengah*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Teknologi Yogyakarta .Yogyakarta.
- Dhani, Rahma, (2019). *Analisa Pengendalian Banjir Sungai Cirasea, Kecamatan Ciparay, Kabupaten Bandung, Jawa Barat*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.Yogyakarta.
- Gifani, Iqbal, 2019. *Mitigasi Risiko Bencana Banjir Di Sungai Beringin*. Laporan Tugas akhir. Yogyakarta.
- Maspriyo, (2018). *Studi Evaluasi Dan Upaya Pengendalian Banjir Pada Sungai Rangkui Bagian Hilir*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.Yogyakarta.
- Harto, Sri.1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Istiarto. 2014. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar : Sample Geometry River*. Universitas Gajah Mada
- Kodoatie, R.J dan Sugiyanto, 2002. *Banjir: Beberapa Penyebab dan Metode Pengendalian Banjir dalam Perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Kodoatie, R.J dan Sugiyanto, 2002. *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*.
- Kodoatie, R.J dan Roestam, S. 2006. *Pengelolaan Bencana Terpadu*. Jakarta: Yarsif Watampone.q2
- Limantara, Lily Montarcih, 2018. *Rekayasa Hidrologi – Edisi Revisi*. Andi. Yogyakarta.
- Loebis, J. 1993. *Hidrologi Sungai*. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
- Soemarto, CD,1999. *Hidrologi Teknik. Edisi Dua*. Erlangga. Jakarta.
- Soewarno,1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid Satu*. Penerbit Nova. Bandung.

- Sosrodarsono, S. dan Tominaga, M. 1985. *Perbaikan Dan Pengaturan Sungai. Pradnya Paramita*. Jakarta.
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.
- Te Chow, Ven. (1959). *Open Channel Hydraulics International Student Edition*. Tokyo : McCrawHill Kogakusha Book Company, Inc.
- Triatmodjo, Bambang, 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- US Army Corps of Engineers Hidraulogic Engineering Center, 2010. *User Mannual HEC-RAS*. USA.
- US Army Corps of Engineers Hidraulogic Engineering Center, 2000. *Hydrologic Modeling System*. USA.



LAMPIRAN 1

Koefisien Kemencengan Cs

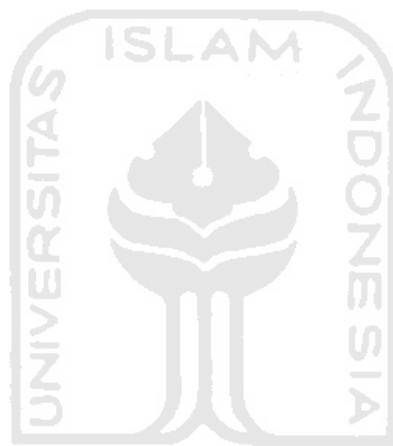


Tabel L-1 Koefisien Kemencengan Cs untuk Distribusi Log Pearson III

Skew Coefficient	Waktu Balik Dalam Tahun						
	2	5	10	20	50	100	200
Cs or Cw	Exceedence Probability						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
3	-0,396	0,42	1,18	3,152	3,152	4,051	4,97
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,970	2,97	3,705	4,444
1,8	-0,282	0,66	1,318	2,193	2,848	3,444	4,147
1,6	-0,254	0,69	1,329	2,163	2,78	3,33	3,99
1,4	-0,225	0,719	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,2	-0,195	0,745	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-0,18	0,758	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1	-0,164	0,769	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,543	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,79	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	0,846	1,27	1,716	2	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,66	1,749
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	0,18	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581

Skew Coefficient Cs or Cw	Waktu Balik Dalam Tahun						
	2	5	10	20	50	100	200
	Exceedence Probability						
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,324	1,449	1,501
-1,3	0,21	0,838	1,064	1,24	1,27	1,383	1,424
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,217	1,318	1,351
-1,5	0,24	0,825	1,018	1,157	1,166	1,256	1,282
-1,6	0,224	0,817	0,994	1,116	1,069	1,197	1,216
-1,7	0,268	0,808	0,97	1,075	1,023	1,14	1,155
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	0,98	1,087	1,097
-1,9	0,294	0,788	0,92	0,996	0,939	1,037	1,044
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,9	0,99	0,995
-2,1	0,319	0,765	0,869	0,923	0,864	0,946	0,949
-2,2	0,33	0,752	0	0,888	0,83	0,905	0,907
-2,3	0,341	0,739	1,336	0,855	0,798	0,867	0,869
-2,4	0,351	0,725	1,333	0,823	0,768	0,832	0,833
-2,5	0,36	0,711	1,328	0,793	0,166	0,799	0,8
-2,6	0,368	0,696	1,323	0,764	0,74	0,769	0,796
-2,7	0,376	0,681	1,317	0,738	0,714	0,74	0,741
-2,8	0,384	0,666	1,309	0,712	0,689	0,714	714
-2,9	0,39	0,651	1,301	0,683	0,666	0,69	0,69
-3	0,396	0,636	1,292	0,66	0,666	0,667	0,667

(Sumber : CD.Soemarto, 1999)

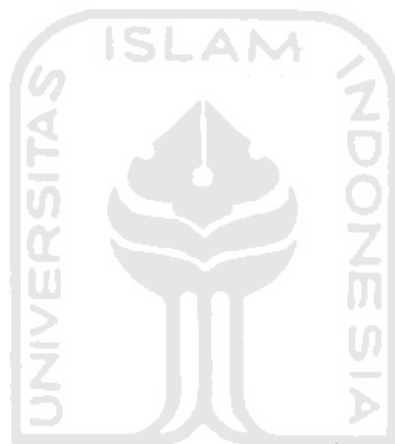


LAMPIRAN 2

Nilai Chi-Kuadrat

Tabel L-2 Nilai Kritis Untuk Uji Keselarasan *Chi-Kuadrat*

DK	α (Derajat kepercayaan)							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,00015	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
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,41	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672



LAMPIRAN 3

Nilai Kritis Untuk Uji Keselarasan *Smirnov*
Kolmogorov

Tabel L-3 Nilai Kritis Untuk Uji Keselarasan *Smirnov Kolmogorov*

n	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.18	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n > 50	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$

LAMPIRAN 4



Nilai CN

Tabel L-4 Runoff curve numbers for urban areas¹

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type and hydrologic condition	Average percent impervious area ²	A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ³ :					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)					
		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)					
		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)					
		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)					
		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)					
		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ⁴					
		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)					
		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business					
	85	89	92	94	95
Industrial					
	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size					
1/8 acre or less (town houses)					
	65	77	85	90	92
1/4 acre					
	38	61	75	83	87
1/3 acre					
	30	57	72	81	86
1/2 acre					
	25	54	70	80	85
1 acre					
	20	51	68	79	84
2 acre					
	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ⁵					
		77	86	91	94
Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c)					

Tabel L-4 Runoff curve numbers for cultivated agricultural lands¹

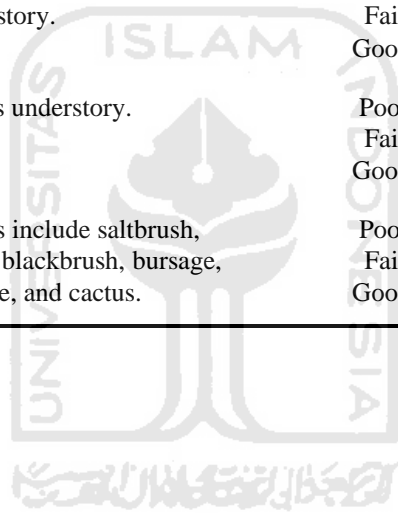
Cover description			Curve numbers for hydrologic soil group				
Cover type	Treatment ²	Hydrologic condition ³	A	B	C	D	
Fallow	Bare soil	□	77	86	91	94	
	Crop residue cover (CR)	Poor	76	85	90	93	
		Good	74	83	88	90	
Row crops	Straight row (SR)	Poor	72	81	88	91	
		Good	67	78	85	89	
	SR + CR	Poor	71	80	87	90	
		Good	64	75	82	85	
	Contoured (C)	Poor	70	79	84	88	
		Good	65	75	82	86	
	C + CR	Poor	69	78	83	87	
		Good	64	74	81	85	
	Contoured & terraced (C & T)	C & T + CR	Poor	66	74	80	82
			Good	62	71	78	81
C & T + CR		Poor	65	73	79	81	
	Good	61	70	77	80		
Small grain	SR	Poor	65	76	84	88	
		Good	63	75	83	87	
	SR + CR	Poor	64	75	83	86	
		Good	60	72	80	84	
	C	Poor	63	74	82	85	
		Good	61	73	81	84	
	C + CR	Poor	62	73	81	84	
		Good	60	72	80	83	
	C & T	Poor	61	72	79	82	
		Good	59	70	78	81	
	C & T + CR	Poor	60	71	78	81	
		Good	58	69	77	80	
Close-seeded or broadcast legumes or meadow	SR	Poor	66	77	85	89	
		Good	58	72	81	85	
	C	Poor	64	75	83	85	
		Good	55	69	78	83	
	C & T	Poor	63	73	80	83	
		Good	51	67	76	80	

Tabel L-4 Runoff curve numbers for other agricultural lands¹

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type and hydrologic condition	Hydrologic condition	A	B	C	D
Pasture, grassland, or range – continuous forage for grazing. ²	Poor	68	79	86	89
	Fair	49	69	79	84
	Good	39	61	74	80
Meadow – continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.	□	30	58	71	78
Brush – brush-weed mixture with brush the major element. ³	Poor	48	67	77	83
	Fair	35	56	70	77
	Good	30 ⁴	48	65	73
Woods – grass combination (orchard or tree farm). ⁵	Poor	57	73	82	86
	Fair	43	65	76	82
	Good	32	58	72	79
Woods. ⁶	Poor	45	66	77	83
	Fair	36	60	73	79
	Good	30 ⁴	55	70	77
Farmsteads – buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.	□	59	74	82	86

Tabel L-4 Runoff curve numbers for arid and semiarid rangelands¹

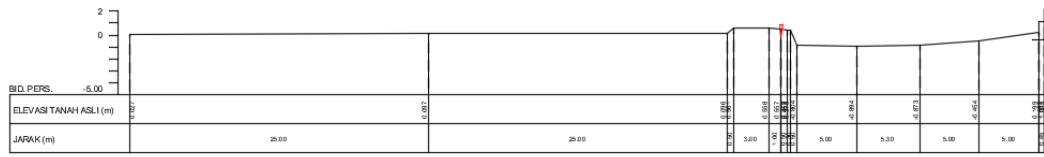
Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
Cover type	Hydrologic condition ²	A ³	B	C	D
Herbaceous – mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element.	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen – mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper – pinyon, juniper, or both; grass understory.	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory.	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub – major plants include saltbrush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus.	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84



LAMPIRAN 5

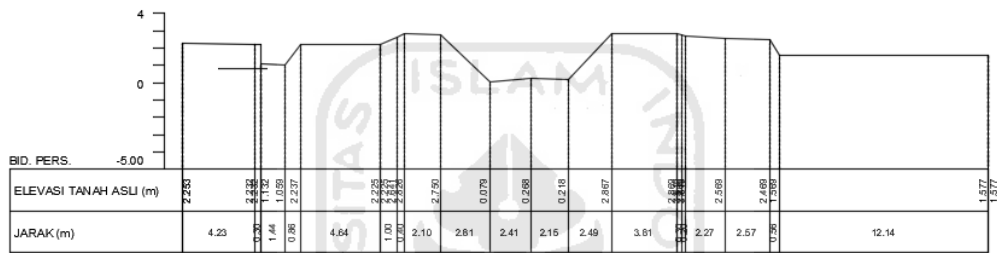
POTONGAN MELINTANG SUNGAI PLUMBON





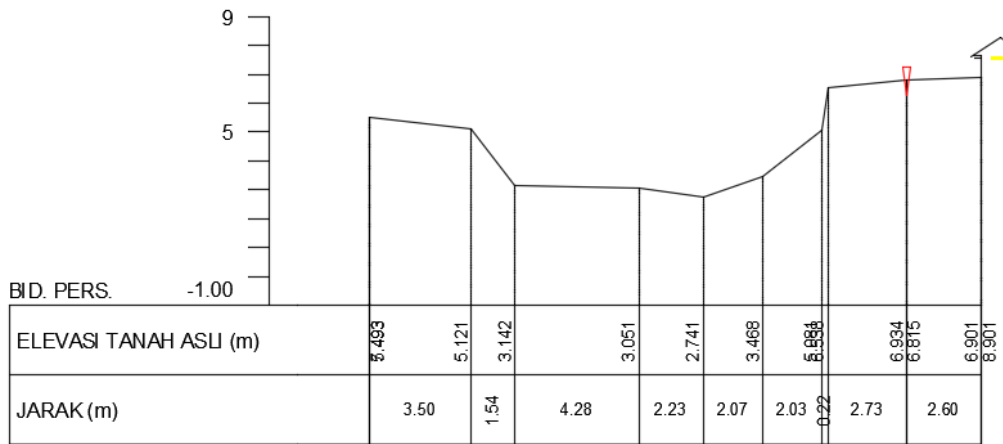
P.8+50

Gambar L-5 Potongan Melintang P.8+50 Sungai Plumbon



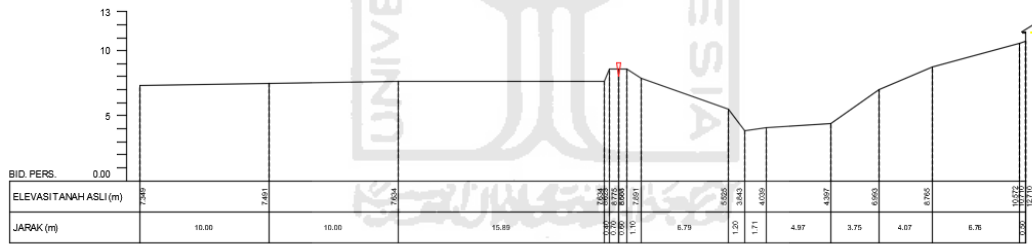
P.30

Gambar L-5 Potongan Melintang P.30 Sungai Plumbon



P.49

Gambar L-5 Potongan Melintang P.49 Sungai Plumbon



P.55

Gambar L-5 Potongan Melintang P.55 Sungai Plumbon

LAMPIRAN 6

DATA CURAH HUJAN HARIAN SUNGAI

PLUMBON



LAMPIRAN 7

PERHITUNGAN DISTRIBUSI HUJAN EFEKTIF



Tabel L-7 Hujan Efektif Kala Ulang 2 Tahun

T _d (jam)	Δt (jam)	I _t (mm/jam)	I _t T _d (mm)	Δp (mm)	p _t (%)	Hujan Efektif		Infiltrasi (mm)
						(%)	(mm)	
1	1	11.85	11.85	11.85	46.42	3.72	1.27	3.64
2	1	7.47	14.93	3.08	12.06	4.45	1.52	4.35
3	1	5.70	17.09	2.16	8.46	5.69	1.95	5.56
4	1	4.70	18.82	1.72	6.74	8.46	2.89	8.28
5	1	4.05	20.27	1.45	5.69	46.42	15.87	45.40
6	1	3.59	21.54	1.27	4.97	12.06	4.12	11.80
7	1	3.24	22.67	1.14	4.45	6.74	2.30	6.59
8	1	2.96	23.71	1.03	4.04	4.97	1.70	4.86
9	1	2.74	24.66	0.95	3.72	4.04	1.38	3.95
10	1	2.55	25.54	0.88	3.45	3.45	1.18	3.38
Jumlah				25.54	100.00	100.00	34.19	97.81

Tabel L-7 Hujan Efektif Kala Ulang 5 Tahun

T _d (jam)	Δt (jam)	I _t (mm/jam)	I _t T _d (mm)	Δp (mm)	p _t (%)	Hujan Efektif		Infiltrasi (mm)
						(%)	(mm)	
1	1	19.26	19.26	19.26	46.42	3.72	2.07	4.10529
2	1	12.13	24.27	5.01	12.06	4.45	2.47	4.91148
3	1	9.26	27.78	3.51	8.46	5.69	3.16	6.28349
4	1	7.64	30.57	2.80	6.74	8.46	4.70	9.3466
5	1	6.59	32.94	2.36	5.69	46.42	25.79	51.2624
6	1	5.83	35.00	2.06	4.97	12.06	6.70	13.3242
7	1	5.26	36.85	1.85	4.45	6.74	3.74	7.44082
8	1	4.82	38.52	1.68	4.04	4.97	2.76	5.4925
9	1	4.45	40.06	1.54	3.72	4.04	2.25	4.46336
10	1	4.15	41.50	1.43	3.45	3.45	1.92	3.81141
Jumlah				41.50	100.00	100.00	55.56	110.44

Tabel L-7 Hujan Efektif Kala Ulang 10 Tahun

T _d (jam)	Δt (jam)	I _t (mm/jam)	I _t T _d (mm)	Δp (mm)	p _t (%)	Hujan Efektif		Infiltrasi (mm)
						(%)	(mm)	
1	1	25.03	25.03	25.03	46.42	3.72	2.68	4.38
2	1	15.77	31.54	6.51	12.06	4.45	3.21	5.24
3	1	12.03	36.10	4.56	8.46	5.69	4.11	6.70
4	1	9.93	39.73	3.63	6.74	8.46	6.11	9.97
5	1	8.56	42.80	3.07	5.69	46.42	33.51	54.68
6	1	7.58	45.48	2.68	4.97	12.06	8.71	14.21
7	1	6.84	47.88	2.40	4.45	6.74	4.86	7.94
8	1	6.26	50.06	2.18	4.04	4.97	3.59	5.86
9	1	5.79	52.07	2.00	3.72	4.04	2.92	4.76
10	1	5.39	53.93	1.86	3.45	3.45	2.49	4.07
Jumlah				53.93	100.00	100.00	72.20	117.80

Tabel L-7 Hujan Efektif Kala Ulang 20 Tahun

T _d (jam)	Δt (jam)	I _t (mm/jam)	I _t T _d (mm)	Δp (mm)	p _t (%)	Hujan Efektif		Infiltrasi (mm)
						(%)	(mm)	
1	1	31.15	31.15	31.15	46.42	3.72	3.34	4.61519
2	1	19.62	39.24	8.10	12.06	4.45	4.00	5.52151
3	1	14.97	44.92	5.68	8.46	5.69	5.11	7.06393
4	1	12.36	49.44	4.52	6.74	8.46	7.60	10.5075
5	1	10.65	53.26	3.82	5.69	46.42	41.70	57.6295
6	1	9.43	56.60	3.34	4.97	12.06	10.84	14.9791
7	1	8.51	59.58	2.98	4.45	6.74	6.05	8.365
8	1	7.79	62.29	2.71	4.04	4.97	4.47	6.17469
9	1	7.20	64.79	2.49	3.72	4.04	3.63	5.01773
10	1	6.71	67.10	2.32	3.45	3.45	3.10	4.2848
Jumlah				67.10	100.00	100.00	89.84	124.16

LAMPIRAN 8

PERHITUNGAN DEIBT BANJIR RENCANA



Tabel L-8 Debit Banjir Rencana Nakayasu Kala Ulang 2 Th

Jam Ke-	Hidrograf Satuan (m3/det/mm)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Base Flow (m3/det)	Debit total (m3/det)
		1.27	1.52	1.95	2.89	15.87	4.12	2.30	1.70	1.38	1.18		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
0	0.00	0.00										2.91	2.91
1	0.45	0.57	0.00									2.91	3.47
2	2.35	2.99	0.68	0.00								2.91	6.57
3	2.35	2.98	3.57	0.87	0.00							2.91	10.33
4	1.45	1.84	3.57	4.57	1.29	0.00						2.91	14.17
5	0.92	1.17	2.20	4.56	6.80	7.06	0.00					2.91	24.70
6	0.67	0.85	1.40	2.81	6.79	37.28	1.84	0.00				2.91	53.88
7	0.48	0.62	1.02	1.79	4.19	37.22	9.69	1.03	0.00			2.91	58.46
8	0.35	0.45	0.74	1.30	2.67	22.96	9.67	5.41	0.76	0.00		2.91	46.86
9	0.26	0.34	0.53	0.94	1.93	14.64	5.97	5.40	3.99	0.62	0.00	2.91	37.28
10	0.21	0.26	0.40	0.68	1.40	10.61	3.81	3.33	3.99	3.25	0.53	2.91	31.17
11	0.16	0.21	0.32	0.51	1.02	7.69	2.76	2.13	2.46	3.24	2.77	2.91	26.01
12	0.13	0.16	0.25	0.40	0.76	5.57	2.00	1.54	1.57	2.00	2.77	2.91	19.93
13	0.10	0.13	0.19	0.32	0.60	4.19	1.45	1.12	1.14	1.27	1.71	2.91	15.02
14	0.08	0.10	0.15	0.25	0.47	3.29	1.09	0.81	0.82	0.92	1.09	2.91	11.91
15	0.06	0.08	0.12	0.20	0.37	2.59	0.86	0.61	0.60	0.67	0.79	2.91	9.78
16	0.05	0.06	0.09	0.15	0.29	2.03	0.67	0.48	0.45	0.49	0.57	2.91	8.20
17	0.04	0.05	0.07	0.12	0.23	1.60	0.53	0.38	0.35	0.37	0.41	2.91	7.01
18	0.03	0.04	0.06	0.09	0.18	1.25	0.41	0.29	0.28	0.29	0.31	2.91	6.12
19	0.02	0.03	0.05	0.07	0.14	0.98	0.33	0.23	0.22	0.23	0.24	2.91	5.43
20	0.02	0.02	0.04	0.06	0.11	0.77	0.26	0.18	0.17	0.18	0.19	2.91	4.89
21	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.61	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	2.91	4.46
22	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.48	0.16	0.11	0.11	0.11	0.12	2.91	4.13
23	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.37	0.12	0.09	0.08	0.09	0.09	2.91	3.87
24	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.29	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	2.91	3.66
25	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.23	0.08	0.05	0.05	0.05	0.06	2.91	3.50

Tabel L-8 Debit Banjir Rencana Nakayasu Kala Ulang 5 Th

Jam Ke-	Hidrograf Satuan (m3/det/mm)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Base Flow (m3/det)	Debit total (m3/det)
		2.065	2.471	3.161	4.702	25.788	6.703	3.743	2.763	2.245	1.917		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
0	0.00	0.00										2.91	2.91
1	0.45	0.92	0.00									2.91	3.83
2	2.35	4.85	1.10	0.00								2.91	8.86
3	2.35	4.84	5.80	1.41	0.00							2.91	14.96
4	1.45	2.99	5.79	7.43	2.09	0.00						2.91	21.21
5	0.92	1.91	3.57	7.41	11.05	11.48	0.00					2.91	38.33
6	0.67	1.38	2.28	4.57	11.03	60.58	2.98	0.00				2.91	85.74
7	0.48	1.00	1.65	2.92	6.80	60.48	15.75	1.67	0.00			2.91	93.17
8	0.35	0.73	1.20	2.11	4.34	37.31	15.72	8.79	1.23	0.00		2.91	74.33
9	0.26	0.55	0.87	1.53	3.14	23.79	9.70	8.78	6.49	1.00	0.00	2.91	58.76
10	0.21	0.43	0.65	1.11	2.28	17.24	6.18	5.42	6.48	5.28	0.85	2.91	48.83
11	0.16	0.34	0.51	0.84	1.65	12.49	4.48	3.45	4.00	5.27	4.50	2.91	40.44
12	0.13	0.26	0.40	0.66	1.24	9.05	3.25	2.50	2.55	3.25	4.50	2.91	30.57
13	0.10	0.21	0.32	0.52	0.98	6.81	2.35	1.81	1.85	2.07	2.77	2.91	22.60
14	0.08	0.16	0.25	0.40	0.77	5.35	1.77	1.31	1.34	1.50	1.77	2.91	17.54
15	0.06	0.13	0.20	0.32	0.60	4.20	1.39	0.99	0.97	1.09	1.28	2.91	14.07
16	0.05	0.10	0.15	0.25	0.47	3.30	1.09	0.78	0.73	0.79	0.93	2.91	11.50
17	0.04	0.08	0.12	0.20	0.37	2.59	0.86	0.61	0.57	0.59	0.67	2.91	9.58
18	0.03	0.06	0.09	0.15	0.29	2.04	0.67	0.48	0.45	0.47	0.51	2.91	8.12
19	0.02	0.05	0.07	0.12	0.23	1.60	0.53	0.38	0.35	0.37	0.40	2.91	7.00
20	0.02	0.04	0.06	0.09	0.18	1.26	0.42	0.30	0.28	0.29	0.31	2.91	6.12
21	0.01	0.03	0.05	0.07	0.14	0.99	0.33	0.23	0.22	0.23	0.25	2.91	5.43
22	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.77	0.26	0.18	0.17	0.18	0.19	2.91	4.89
23	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.61	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	2.91	4.47
24	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.48	0.16	0.11	0.11	0.11	0.12	2.91	4.13
25	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.38	0.12	0.09	0.08	0.09	0.09	2.91	3.87

Tabel L-8 Debit Banjir Rencana Nakayasu Kala Ulang 10 Th

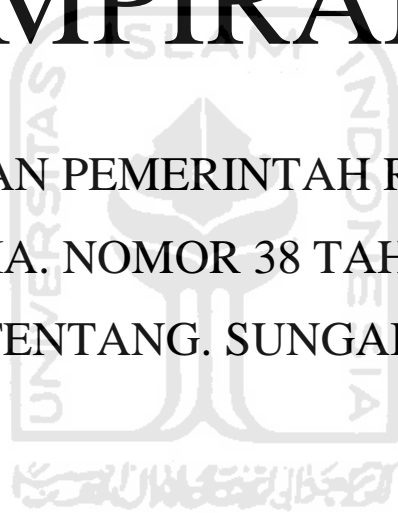
Jam Ke-	Hidrograf Satuan (m3/det/mm)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Base Flow (m3/det)	Debit total (m3/det)
		2.68	3.21	4.11	6.11	33.51	8.71	4.86	3.59	2.92	2.49		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
0	0.00	0.00										2.91	2.91
1	0.45	1.19	0.00									2.91	4.10
2	2.35	6.31	1.43	0.00								2.91	10.64
3	2.35	6.29	7.54	1.83	0.00							2.91	18.57
4	1.45	3.88	7.53	9.65	2.72	0.00						2.91	26.69
5	0.92	2.48	4.65	9.63	14.36	14.92	0.00					2.91	48.94
6	0.67	1.79	2.96	5.94	14.33	78.73	3.88	0.00				2.91	110.55
7	0.48	1.30	2.15	3.79	8.84	78.60	20.46	2.17	0.00			2.91	120.22
8	0.35	0.94	1.56	2.75	5.64	48.48	20.43	11.43	1.60	0.00		2.91	95.73
9	0.26	0.71	1.13	1.99	4.09	30.92	12.60	11.41	8.44	1.30	0.00	2.91	75.49
10	0.21	0.56	0.85	1.44	2.96	22.41	8.04	7.04	8.42	6.86	1.11	2.91	62.59
11	0.16	0.44	0.67	1.09	2.15	16.24	5.82	4.49	5.19	6.84	5.85	2.91	51.69
12	0.13	0.34	0.52	0.85	1.61	11.77	4.22	3.25	3.31	4.22	5.84	2.91	38.86
13	0.10	0.27	0.41	0.67	1.27	8.85	3.06	2.36	2.40	2.69	3.60	2.91	28.49
14	0.08	0.21	0.32	0.53	1.00	6.95	2.30	1.71	1.74	1.95	2.30	2.91	21.92
15	0.06	0.17	0.25	0.41	0.78	5.46	1.81	1.29	1.26	1.41	1.67	2.91	17.42
16	0.05	0.13	0.20	0.32	0.61	4.29	1.42	1.01	0.95	1.02	1.21	2.91	14.08
17	0.04	0.10	0.16	0.25	0.48	3.37	1.12	0.79	0.75	0.77	0.87	2.91	11.57
18	0.03	0.08	0.12	0.20	0.38	2.65	0.88	0.62	0.59	0.61	0.66	2.91	9.68
19	0.02	0.06	0.10	0.16	0.30	2.08	0.69	0.49	0.46	0.48	0.52	2.91	8.23
20	0.02	0.05	0.08	0.12	0.23	1.63	0.54	0.38	0.36	0.37	0.41	2.91	7.09
21	0.01	0.04	0.06	0.10	0.18	1.28	0.42	0.30	0.28	0.29	0.32	2.91	6.19
22	0.01	0.03	0.05	0.08	0.14	1.01	0.33	0.24	0.22	0.23	0.25	2.91	5.49
23	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.79	0.26	0.19	0.17	0.18	0.20	2.91	4.93
24	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.62	0.21	0.15	0.14	0.14	0.15	2.91	4.50
25	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.49	0.16	0.11	0.11	0.11	0.12	2.91	4.16

Tabel L-8 Debit Banjir Rencana Nakayasu Kala Ulang 20 Th

Jam Ke-	Hidrograf Satuan (m3/det/mm)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Base Flow (m3/det)	Debit total (m3/det)
		3.34	4.00	5.11	7.60	41.70	10.84	6.05	4.47	3.63	3.10		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
0	0.00	0.00										2.91	2.91
1	0.45	1.49	0.00									2.91	4.39
2	2.35	7.85	1.78	0.00								2.91	12.53
3	2.35	7.83	9.39	2.28	0.00							2.91	22.40
4	1.45	4.83	9.37	12.01	3.38	0.00						2.91	32.50
5	0.92	3.08	5.78	11.99	17.86	18.56	0.00					2.91	60.18
6	0.67	2.23	3.69	7.39	17.83	97.97	4.82	0.00				2.91	136.85
7	0.48	1.62	2.67	4.72	11.00	97.80	25.46	2.69	0.00			2.91	148.87
8	0.35	1.17	1.94	3.42	7.02	60.33	25.42	14.22	1.99	0.00		2.91	118.41
9	0.26	0.88	1.40	2.48	5.08	38.48	15.68	14.20	10.50	1.62	0.00	2.91	93.22
10	0.21	0.69	1.06	1.79	3.68	27.88	10.00	8.76	10.48	8.53	1.38	2.91	77.16
11	0.16	0.54	0.83	1.35	2.67	20.20	7.25	5.59	6.46	8.52	7.28	2.91	63.60
12	0.13	0.43	0.65	1.06	2.01	14.64	5.25	4.05	4.12	5.25	7.27	2.91	47.64
13	0.10	0.34	0.51	0.83	1.58	11.02	3.81	2.93	2.99	3.35	4.49	2.91	34.74
14	0.08	0.26	0.40	0.65	1.24	8.65	2.86	2.13	2.16	2.43	2.86	2.91	26.56
15	0.06	0.21	0.32	0.51	0.97	6.80	2.25	1.60	1.57	1.76	2.07	2.91	20.96
16	0.05	0.16	0.25	0.40	0.76	5.34	1.77	1.26	1.18	1.27	1.50	2.91	16.80
17	0.04	0.13	0.19	0.32	0.60	4.19	1.39	0.99	0.93	0.96	1.09	2.91	13.69
18	0.03	0.10	0.15	0.25	0.47	3.29	1.09	0.77	0.73	0.75	0.82	2.91	11.34
19	0.02	0.08	0.12	0.20	0.37	2.59	0.86	0.61	0.57	0.59	0.64	2.91	9.53
20	0.02	0.06	0.09	0.15	0.29	2.03	0.67	0.48	0.45	0.46	0.51	2.91	8.11
21	0.01	0.05	0.07	0.12	0.23	1.60	0.53	0.38	0.35	0.37	0.40	2.91	6.99
22	0.01	0.04	0.06	0.09	0.18	1.25	0.41	0.29	0.28	0.29	0.31	2.91	6.12
23	0.01	0.03	0.05	0.07	0.14	0.98	0.33	0.23	0.22	0.23	0.24	2.91	5.43
24	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.77	0.26	0.18	0.17	0.18	0.19	2.91	4.89
25	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.61	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	2.91	4.46

LAMPIRAN 9

PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK
INDONESIA, NOMOR 38 TAHUN 2011.
TENTANG. SUNGAI





PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 38 TAHUN 2011
TENTANG
SUNGAI

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa dalam rangka konservasi sungai, pengembangan sungai, dan pengendalian daya rusak air sungai sebagaimana dimaksud dalam Pasal 25 ayat (3), Pasal 36 ayat (2), dan Pasal 58 ayat (2) Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air perlu menetapkan Peraturan Pemerintah tentang Sungai;

Mengingat : 1. Pasal 5 ayat (2) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945;
2. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN PEMERINTAH TENTANG SUNGAI.

BAB I
KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan Pemerintah ini yang dimaksud dengan:

1. Sungai . . .

Pasal 39

- (1) Pembangunan prasarana yang berfungsi sebagai pengendali banjir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 ayat (2) huruf a sampai dengan huruf d dilaksanakan oleh Menteri, gubernur, dan/atau bupati/walikota sesuai kewenangannya.
- (2) Pembangunan prasarana yang berfungsi sebagai drainase kota sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 ayat (2) huruf e dilaksanakan oleh bupati/walikota.

Pasal 40

- (1) Pembangunan prasarana pengendali aliran permukaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 ayat (3) dilaksanakan oleh Menteri, gubernur, dan/atau bupati/walikota apabila pengendali aliran permukaan berfungsi sebagai pengendali banjir.
- (2) Pembangunan prasarana pengendali aliran permukaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 36 ayat (3) dilaksanakan oleh bupati/walikota apabila pengendali aliran permukaan berfungsi sebagai drainase kota.

Pasal 41

- (1) Pengurangan resiko kerentanan banjir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 35 ayat (2) huruf b dilakukan melalui pengelolaan dataran banjir.
- (2) Pengelolaan dataran banjir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. penetapan batas dataran banjir;
 - b. penetapan zona peruntukan lahan sesuai resiko banjir;
 - c. pengawasan peruntukan lahan di dataran banjir;
 - d. persiapan menghadapi banjir;
 - e. penanggulangan banjir; dan
 - f. pemulihan setelah banjir.

Pasal 42 . . .

Pasal 42

- (1) Penetapan batas dataran banjir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 ayat (2) huruf a dilakukan dengan identifikasi genangan banjir yang terjadi sebelumnya dan/atau pemodelan genangan dengan debit rencana 50 (lima puluh) tahunan.
- (2) Penetapan batas dataran banjir dilakukan oleh Menteri, gubernur, dan/atau bupati/walikota sesuai kewenangannya.

Pasal 43

- (1) Dalam dataran banjir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 42 ayat (2) ditetapkan zona peruntukan lahan sesuai resiko banjir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 ayat (2) huruf b.
- (2) Penetapan zona sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dituangkan dalam peta zonasi peruntukan lahan dataran banjir.
- (3) Penetapan zona peruntukan lahan sesuai resiko banjir dilakukan oleh bupati/walikota.

Pasal 44

Bupati/walikota melakukan pengawasan atas zona peruntukan lahan sesuai resiko banjir yang telah ditetapkan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 43 ayat (3).

Pasal 45

- (1) Persiapan menghadapi banjir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 ayat (2) huruf d dilakukan melalui kegiatan:
 - a. penyediaan dan pengujian sistem prakiraan banjir serta peringatan dini;
 - b. pemetaan kawasan beresiko banjir;
 - c. inspeksi berkala kondisi prasarana pengendali banjir;
 - d. peningkatan . . .