



**PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI GUNG
WILAYAH KECAMATAN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

Disusun Oleh :

Choirun Ni'am NIM. 19210002

Eka Ari Wibawa Putra P. NIM. 21210037

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
UNgaran
2024**



**PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI GUNG
WILAYAH KECAMATAN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI UNDARIS**

Disusun Oleh :

Choirun Ni'am NIM. 19210002

Eka Ari Wibawa Putra P. NIM. 21210037

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI
UNGERAN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN BANJIR SUNGAI GUNG
WILAYAH KECAMATAN UNGARAN TIMUR
KABUPATEN SEMARANG**

Disusun Oleh :

Choirun Ni'am NIM. 19210002

Eka Ari Wibawa Putra P. NIM. 21210037

Dipertahankan didepan Tim Penguji pada tanggal :

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS.

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, MT

()

Anggota 1 : Ratih Pujiastuti, ST., MT

()

Anggota 2 : Tenardhy Aryarama Wijaya, S.ST., M.Eng.

()

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik UNDARIS



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP., ST., MT.
NIDN. 0604089203

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertandatangan dibawah ini :


1. Nama : Choirun Ni'am
NIM : 19210002
Judul : Pengendalian Banjir Sungai Gung Wilayah Kecamatan
Ungaran Timur Kabupaten Semarang
2. Nama : Eka Ari Wibawa Putra Perdana
NIM : 21210037
Judul : Pengendalian Banjir Sungai Gung Wilayah Kecamatan
Ungaran Timur Kabupaten Semarang

Menyatakan bahwa naskah Skripsi Tugas Akhir ini sevara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya sendiri, kecuali pada bagian bagian yang dirujuk sumbernya.

Ungaran, 2024

Yang membuat pernyataan

Penyusun



Choirun Ni'am
NIM. 19210002



Eka Ari Wibawa P.P.
NIM. 21210037

LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Pengendalian Banjir Sungai Gung Wilayah Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang

Nama Mahasiswa : 1. Choirun Ni'am (19210002)
2. Eka Ari Wibawa Putra P. (21210037)

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Totok Apriyanto, MT (Pembimbing I)
2. Ratih Pujiastuti, ST, MT (Pembimbing II)








No	TANGGAL	CATATAN BIMBINGAN	PARAF
1	11/10	Pembina	Apriyanto
	14/10	Pembina: Bab 2, istilah asing Kejuruteraan & Sastra	Apriyanto
	18/10	Sedimentasi, kisi di ujung	Apriyanto




LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Pengendalian Banjir Sungai Gung Wilayah Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang

Nama Mahasiswa : 1. Choirun Ni'am (19210002)
2. Eka Ari Wibawa Putra P. (21210037)

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Totok Apriyanto, MT (Pembimbing I)
2. Ratih Pujiastuti, ST, MT (Pembimbing II)

No	TANGGAL	CATATAN BIMBINGAN	PARAF
1	6 April 2024	<ul style="list-style-type: none">- Permasalahan banjir di kokasi dijelaskan. Sumber data kondisi existing bisa disebutkan.- Latar belakang diperkuat lagi. Uraikan langkah perbaikan apa saja yang pernah dilakukan oleh dinas setempat dan bagaimana kondisinya sekarang.	
2	1 Mei 2024	<ul style="list-style-type: none">- Tambahkan sub bab mengenai HEC-RAS pada studi Pustaka- Metodologi diperjelas mulai dari urutannya dan langkah2nya	
3	8 Juni 2024	<ul style="list-style-type: none">- Tambahkan uraian kenapa dipilih alternatif kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir- Sumber data dicantumkan- Perbaiki tampilan gambar DAS dan polygon thiessen	
4	15 Juni 2024	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki perhitungan debit banjir sesuai koreksi- Tentukan kala ulang debit banjir yang dipilih- Lanjut ke pemodelan HEC-RAS	
5	12 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none">- HEC-RAS dibuat dengan 2 kondisi existing dan setelah penanganan- Perbaiki sesuai koreksi	
6	27 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none">- Buat perhitungan reduksi debit dengan Pembangunan kolam retensi- Tentukan kebutuhan pompanya	
7	17 Agustus 2024	<ul style="list-style-type: none">- Overlay tampilan cross section pada HEC-RAS kondisi existing dan sesudah ada kolam. Cek apakah sudah tidak terjadi limpasan	

No	TANGGAL	CATATAN BIMBINGAN	PARAF
8	7 September 2024	Tambahkan gambar awal desain kolam beserta layout lengkap dengan rumah pompanya	
9	9 Oktober 2024	Perbaiki kesimpulan dan saran, cek lagi dengan tujuan di awal	
10	16 Oktober 2024	Bisa diujikan	

ABSTRAK

Sungai Gung merupakan salah satu sungai yang melintas di pusat kota Ungaran. Luas Daerah Aliran Sungai Gung mencapai 11.05 km² dengan panjang sungai mencapai 9,79 km dari hulu ke hilir. Pada musim hujan dengan intensitas yang tinggi sungai Gung kerap kali mengalami peningkatan debit hingga menyebabkan sungai meluap dan menggenangi kawasan Jl MT Haryono Kalirejo Kecamatan Ungaran Timur. Hal ini juga dipicu karena adanya perubahan fungsi tata guna lahan dimana adanya pembangunan wilayah pemukiman di daerah resapan air di wilayah Kecamatan Ungaran Timur.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk memberikan rekomendasi dalam upaya mereduksi debit banjir yang terjadi pada Sungai Gung di Kecamatan Ungaran Timur. Data yang digunakan dalam analisis meliputi data curah hujan, topografi wilayah, serta tutupan lahannya. Metodologi yang dipakai dalam perancangan debit banjir adalah metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu, sedangkan analisis kapasitas sungai menggunakan bantuan aplikasi HEC-RAS. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh debit banjir kala ulang 10 tahun Sungai Gung di P.105+27 sebesar 39,33 m³/s. Pada tugas akhir ini merekomendasikan pembangunan kolam retensi di Desa Kalirejo Kecamatan Ungaran Timur seluas 19.458 m², dengan kedalaman 6m dan total volume 107.049 m³. Kolam ini dilengkapi pompa 3 unit dengan kapasitas masing-masing adalah 5 m³/detik. Dengan adanya kolam retensi ini debit banjir Sungai Gung mampu direduksi menjadi sebesar 22,79 m³/detik.

Kata kunci: Banjir, DAS Gung, HSS Nakayasu, HEC-RAS, Kolam Retensi.

ABSTRACT

The Gung River is one of the rivers that passes through the center of Ungaran city. The area of the Gung River Basin reaches 11.05 km² with a river length of 9.79 km from upstream to downstream. During the rainy season with high intensity, the Gung River often experiences an increase in discharge, causing the river to overflow and inundate the Jl MT Haryono Kalirejo area, East Ungaran District. This was also triggered by changes in land use functions where there was development of residential areas in water catchment areas in the East Ungaran District.

The aim of this final assignment is to provide recommendations in an effort to reduce flood discharge that occurs on the Gung River in East Ungaran District. The data used in the analysis includes rainfall data, regional topography and land cover. The methodology used in flood discharge design is the Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph method, while river capacity analysis uses the help of the HEC-RAS application. Based on the calculation results, it was obtained that the 10-year return flood discharge of the Gung River at P.105+27 was 39,33 m³/s. This final assignment recommends the construction of a retention pond in Kalirejo Village, East Ungaran District, covering an area of 19,458 m², with a depth of 5m and a total volume of 107.049 m³. This pool is equipped with 3 pump units with a capacity of 5 m³/second each. With this retention pond, the Gung River's flood discharge can be reduced to 22,79 m³/second.

Key words: *Flood, Gung River Basin, HSS Nakayasu, HEC RAS, Retention Pond.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Pengendalian Banjir Sungai Gung Wilayah Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang”**.

Di dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan maupun ketidaksempurnaan, karena masih terbatasnya pengetahuan penulis, oleh karena itu saran-saran dan kritik yang bersifat membangun akan penulis terima dengan tangan terbuka, sehingga dapat mengetahui kelemahan- kelemahan yang dapat menambah pengetahuan dan pengalaman.

Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada yang terhormat :

1. Dr. Drs. Hono Sejati, SH., MH selaku Rektor Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Ungaran.
2. Bapak Abdullah, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Ungaran.
3. Bapak Ir. Agung Hari Wibowo, SIP.,ST.,MT. selaku Kaprodi Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI Ungaran.
4. Bapak Ir. Totok Apriyanto, MT. Selaku dosen pembimbing I .
5. Ibu Ratih Pujiastuti, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing II.
6. Bapak/Ibu Dosen selaku Staf Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil UNDARIS Ungaran yang telah membimbing selama kuliah dan memberi bekal ilmu pengetahuan sebelum penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak Danang Eko Wahyuono, S.T.,M.T. selaku Sekretaris Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang yang telah membantu dalam proses pengumpulan data.
8. Para teman-teman mahasiswa Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) serta teman – teman Fakultas Teknik, yang telah memberikan semangat, dukungan dan sarannya.
9. Semua pihak yang terlibat dan tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.

Ucapan beribu ribu terima kasih kepada mereka, ingin penulis sampaikan semoga Allah SWT membalas dengan hal yang lebih baik dan berlipat ganda.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam laporan ini sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dan semoga penyusunan laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Ungaran, 2024

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	I-2
1.3 Batasan Masalah.....	I-2
1.4 Lokasi Studi.....	I-3
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II STUDI PUSTAKA.....	II-1
2.1 Uraian Umum.....	II-1
2.1.1 Pengertian Sungai.....	II-1
2.1.2 Pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS).....	II-3
2.1.3 Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS).....	II-3
2.1.4 Faktor –faktor yang Mempengaruhi Aliran Sungai.....	II-4
2.1.5 Pola Aliran Sungai.....	II-6
2.1.6 Alur Sungai.....	II-7
2.1.7 Morfologi Daerah Aliran Sungai.....	II-8
2.1.8 Pengertian Banjir.....	II-9
2.2 Analisa Hidrologi.....	II-10
2.2.1 Siklus Hidrologi.....	II-11
2.2.2 Karakteristik Hujan.....	II-12
2.2.3 Curah Hujan Rata – rata daerah.....	II-14
2.2.4 Curah Hujan Rencana.....	II-18

2.2.5	Uji Distribusi Frekuensi.....	II-27
2.2.6	Kala Ulang Minimum	II-31
2.2.7	Analisa Debit Banjir Rencana	II-31
2.3	Aspek Hidrolika.....	II-42
2.2.1	Analisa Kapasitas Sungai.....	II-42
2.2.2	Analisa Profil Aliran dengan Pemodelan Hec-Ras 6.5.....	II-43
2.2.3	Kolam Retensi	II-49
BAB III METODOLOGI		III-1
3.1	Uraian Umum	III-1
3.2	Lokasi Penelitian	III-1
3.3	Data Penelitian.....	III-1
3.4	Alat Penelitian	III-2
3.5	Tahapan Analisis	III-3
3.6	Tahapan Analisis	III-4
BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN.....		IV-1
4.1	Identifikasi Masalah.....	IV-1
4.2	Konsep Desain.....	IV-1
4.3	Analisa Hidrologi	IV-3
4.3.1	Penentuan Daerah Aliran Sungai.....	IV-4
4.3.2	Curah Hujan Maksimum Harian Rata – rata Daerah Aliran Sungai	IV-4
4.3.3	Analisa Frekuensi Curah Hujan rencana.....	IV-6
4.3.4	Distribusi Hujan Jam Jaman.....	IV-12
4.3.5	Hujan Efektif.....	IV-14
4.3.6	Analisa Debit Banjir	IV-15
4.4	Kapasitas Saluran Existing.....	IV-46
4.5	Kolam Retensi	IV-54
4.5.1	Kapasitas Tampungan Kolam Retensi.....	IV-54
4.6	Analisa Profil Muka Air Setelah Adanya Kolam Retensi.....	IV-66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi JL MT Haryono saat banjir	I - 1
Gambar 1. 2 Peta Lokasi Studi	I - 3
Gambar 2. 1 Bentuk Daerah Aliran Sungai	II- 4
Gambar 2. 2 Sketsa Pola Aliran Sungai di Indonesia.....	II- 7
Gambar 2. 3 Profil Memanjang Alur Sungai.....	II- 8
Gambar 2. 4 Siklus Hidrologi.....	II- 11
Gambar 2. 5 Grafik Lengkung Hujan	II- 14
Gambar 2. 6 Metode Rata – Rata Aljabar	II- 15
Gambar 2. 7 Metode <i>Polygon Thiessen</i>	II- 16
Gambar 2. 8 Metode Isohyet	II- 17
Gambar 2. 9 Sketsa Penetapan WF dan Rua	II- 39
Gambar 2. 10 Grafik HSS Gamma I	II- 39
Gambar 2. 11 Lengkung hidrograf satuan sintetik Nakayasu	II- 40
Gambar 2. 12 Bentuk Persegi & Bentuk Trapesium	II- 43
Gambar 2. 13 Sketsa Rumus Persamaan Garis Energi pada Saluran	II- 45
Gambar 2. 14 Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai.	II- 51
Gambar 2. 15 Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai.	II- 51
Gambar 2. 16 Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang.....	II- 52
Gambar 4. 1 Dokumentasi Banjir tahun 2023 dan tahun 2024.....	IV-2
Gambar 4. 2 Rencana Sudetan.....	IV- 2
Gambar 4. 3 DAS Gung	IV- 4
Gambar 4. 4 Luas pengaruh stasiun hujan Metode Poligon Thiessen.....	IV- 5
Gambar 4. 5 Peta Tutupan Lahan Pada Das Gung	IV-14
Gambar 4. 6 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Gung	IV-19
Gambar 4. 7 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 2 Tahun DAS Gung	IV-20
Gambar 4. 8 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun DAS Gung	IV-21
Gambar 4. 9 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun DAS Gung	IV-22
Gambar 4. 10 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun DAS Gung	IV-23
Gambar 4. 11 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun DAS Gung	IV-24
Gambar 4. 12 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun DAS Gung	IV-25
Gambar 4. 13 Grafik Rekap Debit Keseluruhan pada DAS Gung	IV-26

Gambar 4. 14 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Kolam Retensi ...IV-	
29	
Gambar 4. 15 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS	
Kolam Retensi	IV-30
Gambar 4. 16 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS	
Kolam Retensi	IV-31
Gambar 4. 17 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun	
DAS Kolam Retensi	IV-32
Gambar 4. 18 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun	
DAS Kolam Retensi	IV-33
Gambar 4. 19 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS	
Kolam Retensi	IV-34
Gambar 4. 20 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun	
DAS Kolam Retensi	IV-35
Gambar 4. 21 Grafik Rekap Debit Banjir Rencana pada DAS Kolam Retensi.....	IV-36
Gambar 4. 22 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Jembatan.....	IV-39
Gambar 4. 23 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS Jembatan.....	IV-40
Gambar 4. 24 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Jembatan.....	IV-41
Gambar 4. 25 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Jembatan.....	IV-42
Gambar 4. 26 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Jembatan.....	IV-43
Gambar 4. 27 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Jembatan.....	IV-44
Gambar 4. 28 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Jembatan.....	IV-45
Gambar 4. 29 Grafik Rekap Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu pada DAS Jembatan	
.....	IV-46
Gambar 4. 30 Tampilan New Project	IV-46
Gambar 4. 31 Jendela Geometrik Data.....	IV-47
Gambar 4. 32 Jendela Editor dan Cross Section	IV-48
Gambar 4. 33 Jendela Editor Data Aliran Steady Flow	IV-50
Gambar 4. 34 Jendela Editor Kondisi Batas.....	IV-51
Gambar 4. 35 Tampilan Steady Flow Analysis	IV-52
Gambar 4. 36 Potongan Memanjang Sungai Gung	IV-53
Gambar 4. 37 Profil Muka Air Kondisi Existing Pada Titik Lokasi Penelitian	IV-53
Gambar 4. 38 Profil Muka Air Rencana Pada Titik Lokasi Penelitian	IV-54

Gambar 4. 39 Lokasi Rencana Kolam Retensi.....	IV-55
Gambar 4. 40 Gambar Rencana Kolam Retensi.....	IV-56
Gambar 4. 41 Potongan Memanjang Kolam Retensi	IV-57
Gambar 4. 42 Potongan Melintang Kolam retensi	IV-58
Gambar 4. 43 Potongan Melintang Kolam Retensi.....	IV-59
Gambar 4. 44 Gambar Tampak dan Potongan Rumah Pompa.....	IV-60
Gambar 4. 45 Denah Rumah Pompa	IV-61
Gambar 4. 46 Grafik Hubungan Elevasi dan Volume Air dalam Kolam Retensi.....	IV-62
Gambar 4. 47 Grafik Hubungan Inflow, Outflow, dan Schedule Pompa.....	IV-64
Gambar 4. 48 Grafik Hubungan Elevasi Muka Air dengan Pompa dan Tanpa Pompa dengan Elevasi Muka Air Kondisi Air Penuh Pada Kolam Retensi.....	IV-65
Gambar 4. 49 Hasil Analisa Hec Ras Pada Titik Jembatan P 105+27 Sebelum dan Setelah Adanya Kolam Retensi.....	IV-66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Memilih Metode Rata-Rata Kawasan Berdasarkan Luas DAS.....	II - 18
Tabel 2. 2 Memilih Metode Rata-Rata Kawasan Berdasarkan Topografi	II - 18
Tabel 2. 3 Penentuan nilai K pada sebaran normal	II - 20
Tabel 2. 4 Faktor frekuensi K untuk distribusi Log Normal	II - 21
Tabel 2. 5 Reduced Mean (Y_n)	II - 22
Tabel 2. 6 Reduced Standard Deviation (S_n)	II - 23
Tabel 2. 7 Syarat – syarat Jenis Distribusi	II - 26
Tabel 2. 8 Nilai Chi Kuadrat Teoritis	II - 28
Tabel 2. 9 Harga Kritis (ΔCr) Untuk Smirnov Kolmogorov Test	II - 30
Tabel 2. 10 Harga X^2 Untuk Chi Square Test	II - 30
Tabel 2. 11 Kala Ulang yang Diisyaratkan Berdasarkan Tipologi Kota & Luas Daerah Pengaliran	II - 31
Tabel 2. 12 Koefisien Pengaliran	II - 32
Tabel 2. 13 Koefisien Manning	II - 48
Tabel 4. 1 Debit Harian Maksimum DAS Gung	IV - 5
Tabel 4. 2 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Metode Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel	IV - 7
Tabel 4. 3 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Metode Distribusi Log Person Tipe III dan Log Normal.....	IV - 8
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Analisa Frekuensi.....	IV - 9
Tabel 4. 5 Uji Kecocokan Dengan Chi – Kuadrat.....	IV - 10
Tabel 4. 6 Uji Kesesuaian Distribusi Metode Chi – Kuadrat	IV - 10
Tabel 4. 7 Perhitungan uji sebaran Smirnov – Kolmogorov	IV - 11
Tabel 4. 8 Nilai K Distribusi Log Person Tipe III.....	IV - 12
Tabel 4. 9 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Person Tipe III Untuk Periode Ulang T Tahun.....	IV - 12
Tabel 4. 10 Perhitungan Sebaran Hujan Jam – Jaman	IV - 13
Tabel 4. 11 Distribusi Hujan Jam – Jaman.....	IV - 13
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Tutupan Lahan Pada Das Gung.....	IV - 14
Tabel 4. 13 Perhitungan Hujan Efektif.....	IV - 15
Tabel 4. 14 Perhitungan Hujan Jam – jaman.....	IV - 15

Tabel 4. 15 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Gung	IV - 18
Tabel 4. 16 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun...IV	- 19
Tabel 4. 17 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Gung	IV - 20
Tabel 4. 18 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Uang 10 Tahun DAS Gung	IV - 21
Tabel 4. 19 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Gung	IV - 22
Tabel 4. 20 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Gung	IV - 23
Tabel 4. 21 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Gung	IV - 24
Tabel 4. 22 Rekap Perhitungan Banjir Rancangan Metode Nakayasu Pada DAS Gung ..IV	- 25
Tabel 4. 23 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Rencana Kolam Retensi	IV - 28
Tabel 4. 24 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS Kolam Retensi	IV - 29
Tabel 4. 25 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Kolam Retensi	IV - 30
Tabel 4. 26 Perhitungan Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Kolam Retensi	IV - 31
Tabel 4. 27 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Kolam Retensi	IV - 32
Tabel 4. 28 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Kolam Retensi	IV - 33
Tabel 4. 29 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Priode Ulang 100 Tahun DAS Kolam Retensi	IV - 34
Tabel 4. 30 Perhitungan Rekap Banjir Rencana Metode Nakayasu DAS Kolam Retensi....	35
Tabel 4. 31 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Jembatan.IV	- 38
Tabel 4. 32 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Priode Ulang 2 Tahun DAS Jembatan	IV - 39

Tabel 4. 33 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Jembatan	IV - 40
Tabel 4. 34 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Jembatan	IV - 41
Tabel 4. 35 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Jembatan	IV - 42
Tabel 4. 36 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Jembatan	IV - 43
Tabel 4. 37 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Jembatan	IV - 44
Tabel 4. 38 Perhitungan Rekap Banjir Rencana Metode Nakayasu DAS Jembatan...	IV - 45
Tabel 4. 39 Tabel Perhitungan Kebutuhan Pompa Kolam Retensi	IV - 63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan tempat atau wadah serta jaringan pengaliran air yang mengalirkan air mulai dari sumber mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya. Sepanjang pengalirannya sungai dibatasi oleh garis sempadan yang mengalir dari daerah dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah kemudian bermuara menuju danau atau sungai yang lebih besar.

Sungai Gung merupakan salah satu sungai yang melintasi pusat kota Ungaran, Kabupaten Semarang provinsi Jawa Tengah. Sungai Gung ini memiliki panjang sekitar 9,78 km, dengan luas DAS nya mencapai 11,05 km². Hulu sungai ini terletak di kelurahan Wujil kecamatan Bergas dan bermuara di Sungai Garang. Dengan demikian Sungai Gung ini bisa dikatakan sebagai anak sungai dari sungai Garang.

Salah satu lokasi genangan yang menjadi langganan banjir akibat luapan Sungai Gung adalah Jl. MT Haryono yang menjadi penghubung kedua wilayah yaitu Kecamatan Ungaran Timur dan Ungaran Barat. Hal ini disebutkan dalam *TribunJateng.com* pada tanggal (12/02/2024) "<https://jateng.tribunnews.com/2024/02/12/jadi-langganan-banjir-jalan-mt-haryono-ungaran-kabupaten-semarang-kembali-tergenang-air>". Berdasar hasil pengamatan lapangan di lokasi tersebut, pada saat terjadi hujan pada tanggal (05/02/2024) terjadi genangan mencapai 50cm seperti ditampilkan pada Gambar 1.1. Hal ini mengganggu arus lalu lintas pada jalan tersebut.



Gambar 1.1 Kondisi Jl MT Haryono saat banjir

Jumlah lokasi genangan disebagian wilayah Kecamatan Ungaran Timur terus meningkat dari tahun ketahun, demikian pula dengan kedalaman, luas, frekuensi dan lama genangan. Kondisi ini terjadi akibat adanya alih fungsi lahan pada Daerah Aliran Sungai Gung. Kondisi lahan saat ini banyak beralih menjadi pemukiman yang memicu peningkatan

limpasan air permukaan serta memicu terjadinya sedimentasi yang masuk ke dalam aliran Sungai Gung. Hal ini mengakibatkan penurunan kapasitas penampang Sungai Gung sehingga pada saat terjadi hujan dengan intensitas yang cukup tinggi, debit air tidak lagi dapat ditampung oleh Sungai Gung.

Berdasarkan permasalahan di atas, pemerintah Kabupaten Semarang melalui Dinas Pekerjaan Umum bidang Sumber Daya Air mengadakan kajian ulang terhadap perencanaan Sungai Gung Kecamatan Ungaran Timur melalui pekerjaan “DED Normalisasi dan Rehab Bantaran/Tanggul Sungai Gung”. Pada kajian ini diberikan rekomendasi penanganan banjir untuk Sungai Gung. Proyek normalisasi sungai Gung ini dikerjakan pada tahun 2021. Akan tetapi, setelah dilakukan normalisasi Sungai Gung masih sering terjadi luapan pada sungai tersebut dan menggenangi akses jalan MT Haryono. Hal ini mendasari penelitian ini bahwa perlu dilakukan peninjauan ulang untuk dapat diperoleh rekomendasi pengendalian banjir pada Sungai Gung.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi dalam pengendalian banjir pada Sungai Gung. Sedangkan, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui debit banjir rencana yang harus ditampung oleh Sungai Gung.
2. Mengetahui berapa kapasitas tampungan existing Sungai Gung.
3. Memberikan rekomendasi yang sesuai untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi di wilayah DAS Sungai Gung.

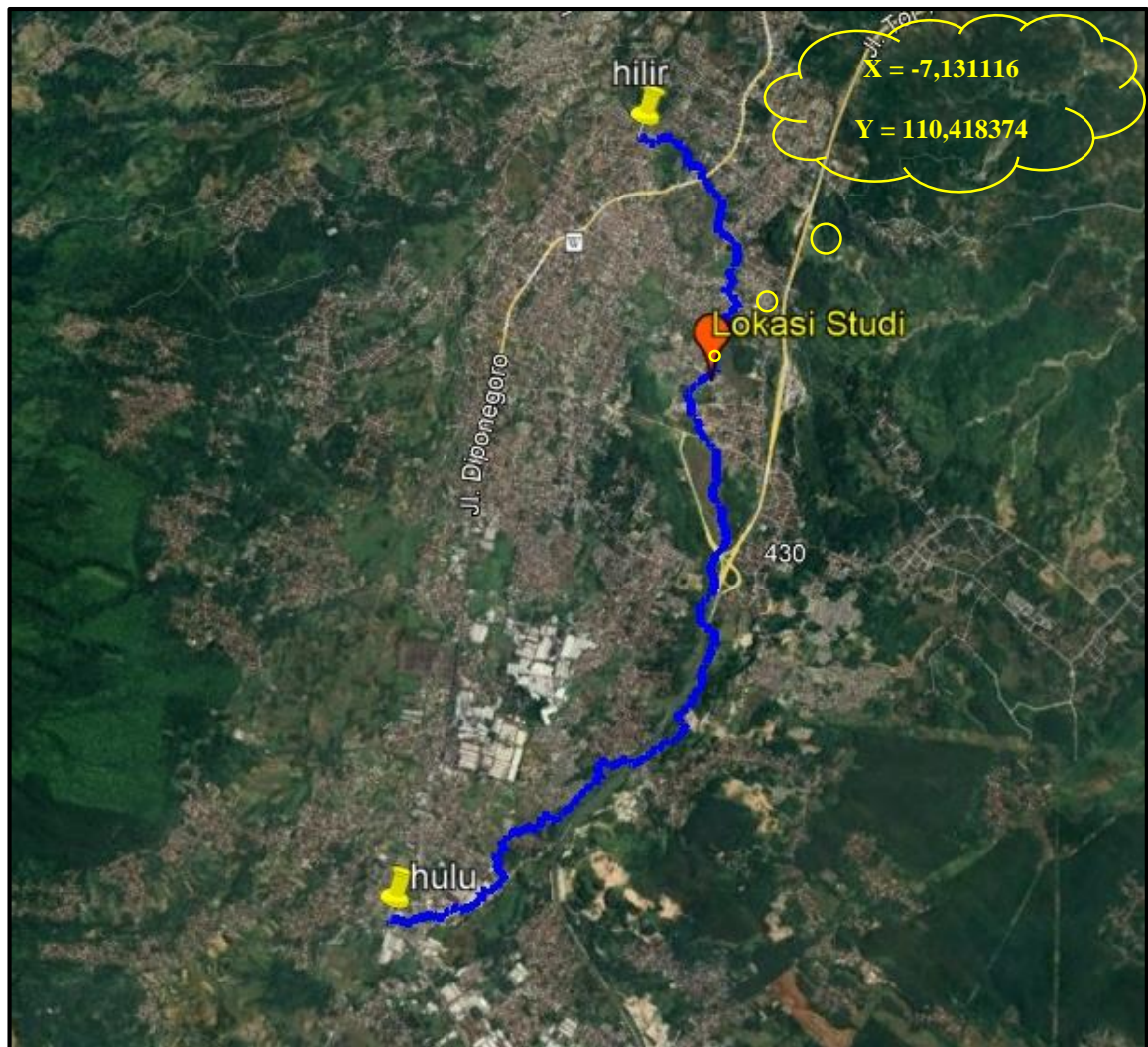
1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi:

- a. Debit banjir yang diperhitungkan hanya akibat dari curah hujan maksimum. Tidak diperhitungkan pengaruh penambahan limbah kota, dan perkembangan kota terhadap besarnya banjir yang terjadi.
- b. Analisa penampang sungai menggunakan program HEC-RAS.
- c. Penelitian hanya sampai dengan desain awal kolam retensi, dan tidak membahas detail desain kolam retensi tersebut.
- d. Penelitian ini tidak sampai dengan menghitung Rencana Anggaran Biaya.
- e. Penelitian ini tidak sampai menghitung struktur kolam retensi dan rumah pompa.

1.4 Lokasi Studi

Lokasi studi penelitian ini berada di lingkup DAS Sungai Gung berlokasi di Desa Kalirejo Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang yang ditampilkan pada **Gambar 1.2**



Gambar 1. 2 Peta Lokasi Studi

1.5 Sistematika Penulisan

Pada tugas akhir ini untuk mempermudah penyusunan laporan maka perlu dibagi 5 bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, lokasi, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang referensi berisi (struktur umum dan teori-teori perencanaan), regulasi (peraturan-peraturan rumus yang terkait) serta juga komparasi yang berkaitan pokok pembahasan.

BAB III METODOLOGI

Bab ini membahas tentang uraian umum, metodologi penelitian, metode pengumpulan data, metode analisis data, metode pengelolaan dan alur penelitian.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan analisa perhitungan karakteristik hidrologi, curah hujan, debit banjir rencana, dan perhitungan perencanaan kolam retensi berdasarkan teori dan rumus dalam tinjauan pustaka.

BAB V PENUTUP

Bab ini tentang hasil akhir, kesimpulan dan saran tentang perencanaan.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

2.1.1 Pengertian Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun didasar sungai tersebut, terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini diakibatkan karena pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam dan gaya tarik aliran airnya cukup besar, setelah itu gaya tariknya menjadi sangat menurun ketika mencapai dataran. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur angsur diendapkan. (Sosrodarsono, 1987).

Sungai adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer (Triatmojo, 2008). Variable aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variable tersebut adalah tampang lintang, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya. Sungai adalah sayatan di permukaan bumi, reservoir dan saluran alami, dan jalan bagi air dan arus mengalir dari hulu cekungan ke tempat tempat yang lebih rendah dan terakhir ke laut (Soewarno, 1991).

Proses terjadinya sungai adalah air yang berada di permukaan daratan, baik air hujan, mata air, maupun cairan gletser, akan mengalir melalui sebuah saluran menuju tempat yang lebih rendah. Namun, secara proses alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang dilaluinya. Akibatnya, saluran ini semakin lama semakin lebar dan panjang, dan terbentuklah sungai. Perkembangan suatu lembah sungai menunjukkan umur dari sungai tersebut. Umur disini merupakan umur relatif berdasarkan ketampakan bentuk lembah tersebut yang terjadi dalam beberapa tingkat (stadium).(Tarigan, 2022)

Menurut (Pradipta, 2018), tahapan perkembangan suatu sungai dapat dibagi menjadi 5 (lima) stadia, yaitu stadia sungai awal, stadia muda, stadia dewasa, stadia tua, dan stadia remaja kembali rejuvenation. Adapun ciri-ciri dari tahapan sungai adalah sebagai berikut :

- a. Tahapan Awal *Initial Stage* : Tahap awal suatu sungai sering dicirikan oleh sungai yang belum memiliki orde dan belum teratur seperti lazimnya suatu sungai. Air terjun, danau, arus yang cepat dan gradien sungai yang bervariasi merupakan ciri-ciri sungai pada tahap awal. Bentang alam aslinya, seringkali memperlihatkan ketidakakuran, beberapa diantaranya berbeda tingkatannya, arus alirannya berasal dari air runoff ke arah suatu area yang membentuk suatu depresi (cekungan) atau belum membentuk lembah. Sungai pada tahap awal umumnya berkembang di daerah dataran pantai coastal plain yang mengalami pengangkatan atau di atas permukaan lava yang masih baru/muda dan gunung api, atau di atas permukaan dimana sungai mengalami peremajaan.
- b. Tahapan Muda: Sungai yang termasuk dalam tahapan muda adalah sungai yang aktifitas aliran sungainya mengerosi ke arah vertikal. Aliran sungai yang menempati seluruh lantai dasar suatu lembah. Umumnya profil lembahnya membentuk huruf V, air terjun dan arus yang cepat mendominasi.
- c. Tahapan Dewasa: Tahapan awal dari sungai dewasa dicirikan oleh mulai adanya pembentukan dataran banjir secara setempat-setempat dan semakin lama semakin lebar dan akhirnya terisi oleh aliran sungai yang berbentuk meander, sedangkan pada sungai yang sudah masuk dalam tahapan dewasa, arus sungai sudah membentuk aliran yang berbentuk meander, penyisiran ke arah depan dan belakang memotong suatu dataran banjir flood plain yang cukup luas sehingga secara keseluruhan ditempati oleh jalur-jalur meander. Pada tahapan ini aliran arus sungai sudah memperlihatkan keseimbangan antara laju erosi vertikal dan erosi lateral.
- d. Tahapan Tua: Pada tahapan ini dataran banjir diisi sepenuhnya oleh meander dan lebar dari dataran banjir akan beberapa kali lipat dari luas meander belt. Pada umumnya dicirikan oleh danau tapal kuda *oxbow lake* dan rawa *swampy area*.
- e. Peremajaan Sungai: Setiap saat dari perkembangan suatu sungai dari satu tahap ke tahap lainnya, perubahan mungkin terjadi dimana kembalinya dominasi erosi vertikal sehingga sungai dapat diklasifikasi menjadi sungai dalam tahapan muda. Sungai dewasa dapat mengalami pengikisan kembali ke arah vertikal untuk kedua kalinya karena adanya pengangkatan dan proses terjadinya erosi ke arah vertikal pada sungai berstadia dewasa akibat pengangkatan dan stadia sungai kembali menjadi stadia muda.

2.1.2 Pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah tempat sungai mengambil air merupakan daerah tangkapan hujan, biasa disebut daerah tangkapan air (DAS). DAS (Daerah Aliran Sungai) dapat dipandang sebagai suatu unit kesatuan wilayah tempat air hujan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai. Garis batas DAS ialah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan sewaktu menyentuh tanah, ke masing-masing DAS (Loebis, 1993). Oleh karena itu, DAS dapat dikatakan sebagai kesatuann wilayah sungai yang bersatu, dimana air hujan mengalir ke sungai menjadi air sungai. Garis pembatas antar DAS merupakan punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan air hujan dan membaginya menjadi limpasan permukaan setiap DAS sehingga berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami.

2.1.3 Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS)

Bentuk sungai sangat menentukan bentuk DAS. Bentuk cekungan sangat penting untuk aliran sungai, dan ini mempengaruhi konsentrasi kecepatan aliran air (Soewarno, 1991). Secara umum bentuk DAS dibedakan menjadi empat jenis yaitu (Sosrodarsono & Takeda, 1976):

a. Daerah pengaliran bulu burung

Jalur wilayah di kiri dan kanan sungai utama tempat anak sungai mengalir ke sungai utama disebut sebagai daerah pengaliran bulu burung. Arus banjir di cekungan ini sangat kecil karena waktu kedatangan banjir dari anak sungai ini berbeda. Disisi lain, banjir berlangsung lebih lama.

b. Daerah pengaliran radial

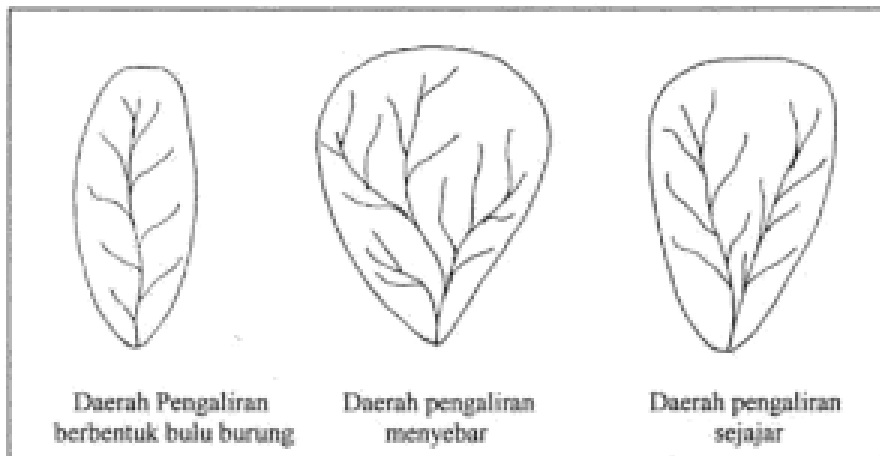
Daerah pengaliran yang berbentuk kipas atau melingkar, dan aliran cabang terkonsentrasi ke suatu titik dalam arah radial, yang disebut zona aliran radial. Waduk seperti itu dibanjiri di dekat pertemuan anak sungai.

c. Daerah pengaliran parallel

Area drainase parallel bentuk ini memiliki pola dimana dua saluran drainase yang digabungkan di bagian drainase digabungkan di bagian hilir. Banjir terjadi di bagian hilir pertemuan sungai.

d. Daerah pengaliran yang kompleks

Daerah aliran sungai yang kompleks hanya beberapa DAS yang berbentuk seperti ini dan disebut DAS kompleks.



Gambar 2. 1 Bentuk Daerah Aliran Sungai
(Sosrodarsono & Takeda, 1976)

2.1.4 Faktor –faktor yang Mempengaruhi Aliran Sungai

Beberapa factor yang mempengaruhi aliran sungai adalah hujan dan sifat sifat fisik DAS, antara lain sebagai berikut (Sosrodarsono, 1987) :

a. Jenis presipitasi

Tergantung pada jenis curah hujan, yaitu hujan atau salju, dampak pada limpasan sangat berbeda. Jika hujan pengaruhnya langsung, dan peta ketinggian air hanya dipengaruhi oleh intensitas curah hujan dan curah hujan.

b. Intensitas curah hujan

Dampak intensitas curah hujan terhadap limpasan permukaan bergantung pada kapasitas tanah menginfiltrasi, maka aliran diatas permukaan akan naik dengan adanya peningkatan intensitas curah hujan.

c. Lama waktu curah hujan

Dimasing masing daerah aliran, ada durasi curah hujan krusial. Jika durasi curah hujan lebih lama dari curah hujan krusial, aliran permukaan akan lebih besar walaupun intensitasnya sedang. Curah hujan yang lama menyebabkan berkurangnya kapasitas infiltrasi.

d. Distribusi curah hujan dalam DAS

Banjir di daerah aliran sungai kadang kadang disebabkan oleh curah hujan yang lebat dan merata, meskipun intensitasnya kecil, sering kali disebabkan oleh curah hujan yang teratur di wilayah yang luas. Di DAS kecil, aliran puncak terbesar mungkin disebabkan oleh curah hujan yang berlebihan dan daerah curah hujan yang sempit.

e. Arah pergerakan curah hujan

Arah pergerakan hujan ke arah hulu menyebabkan limpasan mencapai puncak dengan cepat, dan limpasan berlangsung dalam waktu yang relative lama. Dikarenakan air hujan yang turun di dekat stasiun survey hidrologi akan menyebabkan waktu pemantauan naik. Pada saat yang sama, pergerakan air hujan ke arah hilir akan memperlambat kecepatannya aliran puncak. Namun, biasanya sulit untuk mengetahui arah pergerakan air hujan, karena pada dasarnya hanya mungkin untuk mengetahui arah pergerakan air hujan jika tersedia jaringan stasiun air hujan otomatis yang cukup padat (perekam air hujan otomatis) (Harto, 1993).

f. Indeks hujan terdahulu dan kelembaban tanah

Curah hujan sebelumnya menyebabkan tanah memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga lebih rawan banjir karena kapasitas resapan yang berkurang. Selama periode kelembaban tanah berkurang dengan penguapan, hujan kebetulan tidak akan menyebabkan meningkatkan limpasan permukaan, karena air hujan yang masuk tetap ditahan sebagai kelembaban tanah. Sebaliknya, jika kelembaban tanah meningkat karena hujan lebat sebelumnya, terkadang hujan dengan intensitas rendah dapat menyebabkan banjir.

g. Luasan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Jika semua faktor curah hujan konstan, maka limpasan selalu sama dan tidak tergantung pada luas wilayah DAS. Mengingat debit per satuan luas konstan, maka peta ketinggian air yang dihasilkan sebanding dengan luas DAS. Akan tetapi, semakin besar DAS, maka semakin lama waktu limpasan untuk mencapai titik pengukuran, sehingga panjang dasar peta hidrografi atau panjang limpasan akan semakin panjang dan aliran puncak akan semakin berkurang.

h. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan sangat mempengaruhi limpasan. Hutan ditutupi dengan vegetasi yang lebat, karena memiliki daya resapan yang besar sehingga sulit untuk dilimpahkan. Jika misalnya luas hutan berkurang akibat kompresi tanah. Hal ini akan menyebabkan air hujan mudah terkumpul ke sungai dengan kecepatan tinggi dan akhirnya akan menyebabkan terjadinya banjir.

i. Kondisi topografi dalam DAS

Dibandingkan dengan daerah pegunungan, daerah pegunungan biasanya lebih banyak menerima curah (Subarkah, 1980). Demikian pula, kemiringan (slope) berhubungan dengan infiltrasi, aliran permukaan, kelembaban dan pengisian ulang air tanah. Gradient drainase

merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi waktu limpasan permukaan, curah hujan terhadap waktu konsentrasi sungai, dan berhubungan langsung dengan arus banjir

j. Jenis tanah

Mengingat bentuk, morfologi dan metode pengendapan partikel tanah merupakan faktor yang mempengaruhi kapasitas infiltrasi, maka karakteristik limpasan sangat dipengaruhi oleh jenis tanah DAS. (Sosrodarsono, 1987).

2.1.5 Pola Aliran Sungai

Semua sungai di DAS mengikuti aturan, yaitu sungai dihubungkan melalui jaringan terarah dimana anak sungai yang mengalir ke sungai utama yang lebih besar membentuk pola tertentu. Model tersebut bergantung pada kondisi topografi, geologi, iklim dan vegetasi. Indonesia memiliki beberapa pola aliran sungai, diantaranya pola aliran yang dibedakan menurut jenis batuan dan sedimennya (Soewarno, 1991). Pola aliran antara lain :

1. Pola Radial

Pola ini biasanya ditemukan di lereng gunung berapi atau daerah dengan topografi berbentuk kubah. Misalnya sungai di lereng Gunung Semeru, Merapi, Ijen dan Slamet.

2. Pola Rektangular

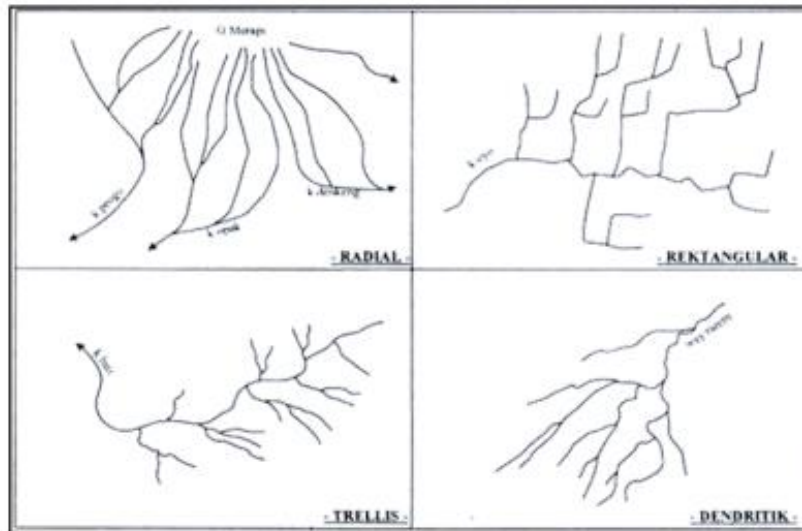
Pola ini banyak dijumpai pada daerah pegunungan kapur, misalnya Gunung Kidul.

3. Pola Trellis

Pola ini biasanya dijumpai pada daerah pegunungan dengan lipatan lipatan yang juga terdapat lapisan sedimen. Seperti pada daerah pegunungan di Sumatera Barat dan Jawa Tengah.

4. Pola Dendritik

Pola aliran sungai seperti ini banyak dijumpai di daerah dengan komposisi batuan penyusun yang sejenis dan penyebarannya luas. Misalnya pada daerah pegunungan di Sumatera dan Kalimantan. Untuk lebih jelasnya sketsa profil aliran sungai di Indonesia dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Sketsa Pola Aliran Sungai di Indonesia
(Soewarno, 1991)

2.1.6 Alur Sungai

Secara umum sungai dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1) Alur sungai bagian Hulu

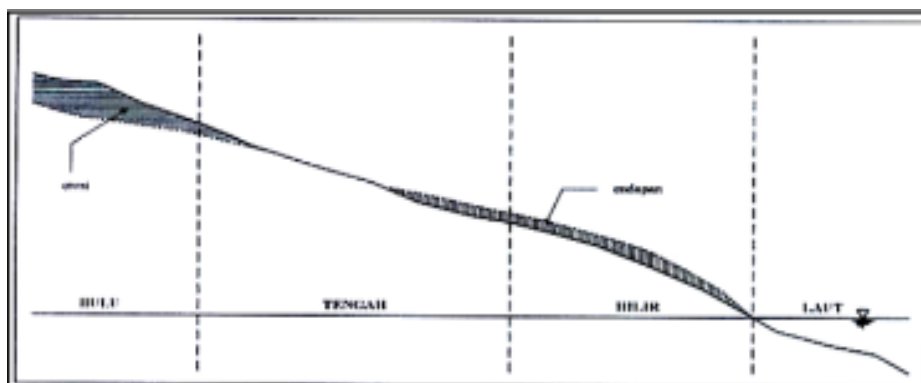
Hulu Daerah alur sungai merupakan daerah potensi terjadi erosi tanah, karena pada umumnya sungai mengalir melalui pegunungan, perbukitan atau lereng vulkanik, terkadang elevasinya cukup tinggi. Debit aliran sungai di bagian hulu lebih tinggi dari aliran sungai di area hilir sehingga pada saat banjir material yang tergerus tidak hanya akan mengangkut oartikel pasir halus, terdapat juga material pasir, kerikil bahkan bebatuan.

2) Bagian Tengah

Bagian tengah ini merupakan zona transisi hulu dan hilir. Dasar sungai memiliki kemiringan yang lebih landau, sehingga kecepatan aliran lebih rendah dari kecepatan aliran dibagian hulu. Bagian ini adalah wilayah di mana persentase erosi dan pengendapan seimbang, yang dari musim ke musim sangat bervariasi.

3) Bagian Hilir

Bagian bawah sungai biasanya melewati dataran, yang memiliki kemiringan dasar sungai yang landau sehingga alirannya lebih lambat. Situasi ini sangat mendorong pembentukan simpanan aau sedimen. Endapan sedimen yang terbentuk biasanya berupa pasir halus, lanau, sedimen organik dan jenis sedimen lain yang sangat tidak stabil.



Gambar 2. 3 Profil Memanjang Alur Sungai

(Soewarno, 1991)

2.1.7 Morfologi Daerah Aliran Sungai

Morfologi Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah istilah yang digunakan untuk mengukur keadaan jaringan sungai. Bentuk DAS yang mengalami masalah adalah (Soewarno, 1991) :

1. Luas DAS

Di Indonesia sulit untuk mengukur luas DAS karena adanya jaringan irigasi yang masuk dan keluar DAS. Oleh karena itu, seorang ahli yang memahami bentuk dan lokasi DAS yang bersangkutan harus menentukan batasan DAS tersebut. Garis batas antar DAS ditentukan berdasarkan garis besar peta topografi yang ada, dan luas DAS dapat diukur dengan alat yang disebut planimeter.

2. Panjang dan Lebar DAS

Panjang DAS sama dengan jarak rata dari hulu sungai utama sampai muara hulu. Pada saat yang sama, lebar DAS diperoleh dengan membagi luas DAS dengan panjangnya.

3. Kemiringan Lereng

Kemiringan antara dua posisi ketinggian

4. Anak dan tingkat percabangan sungai

Aliran sungai di DAS dapat dibagi menjadi beberapa anak sungai. Anak sungai adalah lokasi sungai yang menyimpang dari sungai besar. Semakin banyak anak sungai, semakin luas DASnya, dan aliran sungai semakin panjang.

5. Kerapatan sungai

Kepadatan sungai merupakan angka indeks yang menunjukkan jumlah anak sungai di DPS. Indeks dapat diperoleh dengan rumus berikut:

$$d = L/A \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

d = Indeks kerapatan sungai (km/km^2)

L = Panjang total sungai, termasuk panjang anak-anak sungai (km)

A = Luas DPS (km^2)

Terdapat batasan bahwa indeks kepadatan sungai didasarkan pada nilai Dd (Soewarno, 1991) yaitu:

- a) $< 0,25 \text{ km}/\text{km}^2$ (sedang)
- b) $0,25 - 10 \text{ km}/\text{km}^2$ (sedang)
- c) $10 - 25 \text{ km}/\text{km}^2$ (tinggi)
- d) $> 25 \text{ km}/\text{km}^2$ (sangat tinggi)

2.1.8 Pengertian Banjir

Banjir adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (kali) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang (Suripin, 2004). Pengendalian banjir merupakan bagian dari pengelolaan sumber daya air yang lebih spesifik untuk mengendalikan debit banjir umumnya melalui dam pengendali banjir, atau peningkatan sistem pembawa (sungai, drainase) dan pencegahan hal-hal yang berpotensi merusak dengan cara mengelola tata guna lahan dan daerah banjir (J. Kadoati, 2013). Banjir berdasarkan penyebab utamanya dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Banjir kiriman Banjir kiriman adalah banjir yang disebabkan oleh melimpasnya air hujan dari suatu daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah atau daerah genangan, jumlah air yang harus ditampung oleh daerah dataran rendah tersebut akan bertambah besar dengan adanya banjir kiriman ini. Oleh karena itu harus diusahakan agar banjir yang berupa banjir kiriman tersebut disalurkan melalui saluran yang ada ataupun dengan cara lain sehingga tidak mengganggu daerah dataran rendah.
2. Banjir genangan/lokal Banjir genangan adalah banjir yang disebabkan adanya genangan yang berasal dari air hujan lokal. Air hujan lokal adalah air hujan yang terjadi pada daerah itu sendiri. Jika curah hujan ini cukup tinggi dan terus menerus sehingga di daerah tangkapan hujan terjadi penjumlahan atau air yang melebihi kapasitas-kapasitas saluran yang ada, maka air hujan lokal ini dapat menjadi limpasan permukaan. Limpasan permukaan inilah yang pada umumnya dapat mengakibatkan banjir. Hal ini dapat menjadi parah jika kapasitas saluran tidak memadai akibat dari :
 - a. Sedimentasi dan sampah di saluran
 - b. Penyempitan dan penutupan saluran karena adanya bangunan liar

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNDARIS II - 9

- c. Hambatan fasilitas umum, seperti tiang listrik, pipa PDAM.
3. Banjir air laut pasang/rob Banjir air laut pasang/rob terjadi pada kota pantai yang elevasi/ketinggian muka tanahnya lebih rendah dari muka air laut pasang. Sedangkan banjir akibat back water (aliran balik) dari saluran pengendali banjir terjadi pada kota pantai maupun kota yang jauh dari pantai. Banjir akibat genangan air laut pasang (rob) tidak dapat diatasi dengan sistem drainase gravitasi, tetapi harus diatasi dengan sistem drainase pompa, agar pompa dapat berfungsi dengan maksimal maka perlu diberikan Retarding Pond.
 4. Banjir bandang Pengertian banjir bandang merupakan banjir yang mengangkut air dan juga lumpur. Banjir bandang tersebut sangatlah berbahaya dibandingkan dengan banjir air biasa, hal ini karena akan sulit untuk menyelamatkan diri. Banjir bandang dapat menghanyutkan benda-benda dan memiliki daya rusak yang tinggi. Banjir bandang pada umumnya terjadi di area pegunungan yang tanah pegunungan tersebut seolah longsor karena adanya air hujan yang ikut terbawa air ke daratan yang lebih rendah. Biasanya banjir tersebut dapat menghanyutkan pohon yang berukuran besar sehingga dapat merusak pemukiman warga yang terkena banjir bandang tersebut.

2.2 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari distribusi air di bumi termasuk yang ada di atmosfer dalam bentuk uap air, di atas permukaan sebagai air es dan di bawah permukaan sebagai air tanah (Soemarto, 1999).

Beberapa ahli berpendapat mengenai pengertian hidrologi. Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, gas, padat) pada, dalam, dan di atas permukaan tanah (Asdak, 1995). Sedangkan menurut (Soemarto, 1999) hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan – perubahannya antara lain : keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah, di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dari penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi.

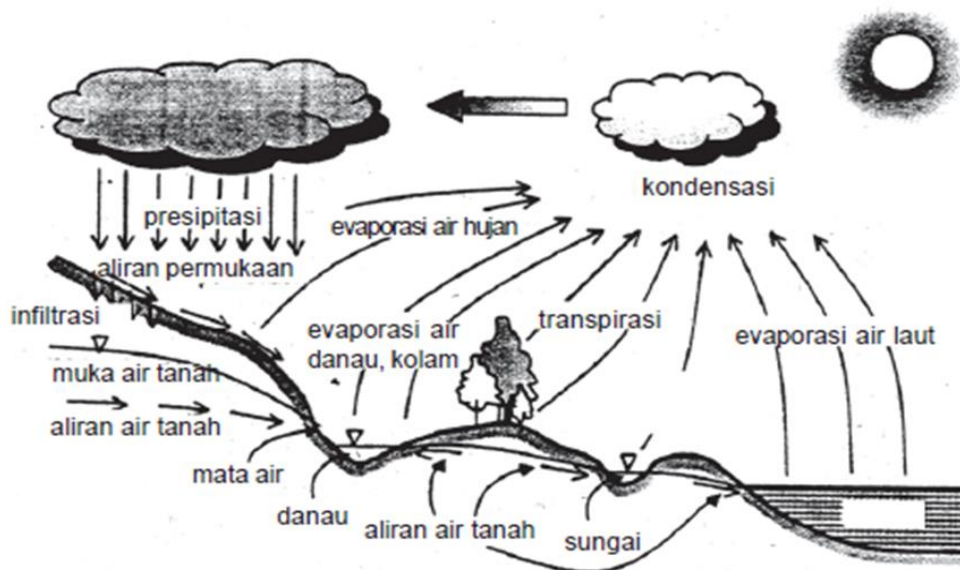
Analisa hidrologi secara umum dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi dari daerah aliran sungai (DAS). Tujuan dari studi tersebut ialah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit, dan potensi air, baik yang ekstrim maupun yang wajar yang dapat digunakan sebagai analisa selanjutnya dalam pekerjaan detail desain bangunan air.

2.2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/ penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju dan atau hujan yang jatuh kepermukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air run off dan sebagian infiltrasi/meresap kedalam lapisan tanah. Besarnya run off dan infiltrasi tergantung pada parameter tanah atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Air run off mengalir di permukaan muka tanah kemudian kepermukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes didalam tanah kearah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan (Hasmar, 2012).

Secara keseluruhan jumlah air di planet bumi ini relatif tiap masa ke masa. Air di bumi mengalami suatu siklus melalui serangkaian peristiwa yang berlangsung terus-menerus, dimana kita tidak tahu kapan dan dari mana berawal nya dan kapan pula akan berakhir. Serangkaian peristiwa tersebut dinamakan siklus hidrologi (hidrologic cycle) (Suripin, 2004).

Dalam kaitannya dengan perencanaan drainase, komponen dalam siklus hidrologi adalah aliran permukaan. Oleh karena itu, komponen ini yang harus ditangani secara baik untuk menghindari berbagai bencana, khususnya banjir. Susunan peristiwa – peristiwa siklus hidrologi dapat dilihat pada **Gambar 2.4**



Gambar 2. 4 Siklus Hidrologi

(Suripin, 2004)

Dari Gambar dapat dijelaskan siklus hidrologi adalah suatu gerakan baik ke udara akibat proses evaporasi yang kemudian jatuh ke permukaan tanah sebagai hujan dan kembali ke proses awal (Suripin, 2004). Berikut beberapa proses yang terjadi selama siklus hidrologi:

1. Evaporasi adalah proses penguapan air yang berada di permukaan bumi, baik itu air laut, air danau, air sungai, air pada permukaan tanah dan juga air yang ada pada permukaan tumbuhan akibat sinar matahari (evapotranspirasi).
2. Transpirasi adalah air yang diisap oleh akar tumbuhan. Diteruskan lewat tubuh tanaman dan diuapkan kembali lewat stomata daun.
3. Kondensasi adalah penurunan suhu udara di atas atmosfer sehingga uap air hasil dari evaporasi kembali mengembun dan membentuk butir-butir air yang halus sehingga membentuk awan hitam yang jenuh akan butir-butir air.
4. Presipitasi adalah proses turunnya air hujan dari hasil kondensasi. Awan hitam yang mengandung butir-butir air ini ditiup oleh angin sehingga butir-butir air tersebut kembali jatuh ke permukaan bumi. Jika air jatuh berbentuk cair maka disebut hujan (*rain fall*) dan jika dalam bentuk padat disebut salju (*snow*).
5. Aliran permukaan (*run off*) Sebagian air hujan yang jatuh ke tanah mengalir di atas permukaan tanah membentuk aliran permukaan (*run off*) yang mengalir menuju ke permukaan yang lebih rendah seperti sungai, danau, dan laut.
6. Infiltrasi adalah proses meresapnya air ke dalam tanah. Air hujan yang mengalami presipitasi sebagian masuk diserap ke dalam tanah, hingga akhirnya mencapai permukaan air tanah yang menyebabkan muka air tanah naik.
7. Perkolasi adalah mengalirnya air melalui pori-pori tanah. Sebagian air yang merembes ke dalam tanah mengalir melalui pori-pori tanah menuju permukaan air yang lebih rendah seperti permukaan air sungai, danau, maupun air laut.

2.2.2 Karakteristik Hujan

Di dalam alam, air mengalami siklus yang disebut siklus air. Hujan turun ke bumi. Sebagian air segera menguap, Sebagian lagi mengalir dari atas permukaan danau, sungai dan laut. Air sungai, danau dan laut mengalami penguapan. Beberapa tenggelam ke dalam tanah dan menjadi air tertampung. Sebagian air ini ada diserap oleh tumbuhan dan menguap, Sebagian ada yang keluar sebagai sumber air dan mengalir sebagai air permukaan. Air permukaan penguapan. Uap yang terbawa angin mengembun menjadi awan dan awan berubah menjadi hujan.

Hujan adalah proses pengembalian air yang telah diuapkan ke atmosfer menuju ke permukaan bumi. Pengembalian ini akibat dari udara yang naik hingga melewati ketinggian kondensasi dan berubah menjadi awan. Di dalam awan terjadi proses tumbukan dan penggabungan antar butir-butir air yang akan meningkatkan massa dan volume butir air, jika butiran air akan turun dalam bentuk hujan. Agar terjadi hujan terdapat tiga faktor utama yang penting, yaitu: massa udara yang lembab, inti kondensasi (seperti partikel debu, kristal garam), dan suatu sarana sebagai tempat berlangsungnya proses pendinginan akibat udara. Pengangkatan massa ke udara ke atmosfer dapat berlangsung dengan cara-cara pendinginan siklonik, orografis, dan konvekti (Iskandar, 2012).

Hujan merupakan faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Intensitas hujan yang tinggi pada suatu kawasan hunian yang kecil dapat mengakibatkan genangan pada jalan-jalan, tempat parkir, dan tempat-tempat lainnya karena fasilitas drainase tidak didesain untuk mengalirkan air akibat intensitas hujan yang tinggi (Suripin, 2004). Oleh karena itu masih banyak terjadi genangan air disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi yang mengakibatkan bencana. Analisis dan desain hidrologi tidak hanya memerlukan volume atau ketinggian hujan, tetapi juga distribusi hujan terhadap tempat dan waktu. Distribusi hujan terhadap tempat disebut hytograph, dengan kata lain adalah grafik intensitas hujan atau ketinggian hujan terhadap waktu.

Karakteristik hujan yang harus ditinjau dalam analisis dan perencanaan hidrologi meliputi (Hasmar, 2012):

a. Durasi Hujan

Durasi hujan adalah lama hujan (menit, jam, etmal) yang diperoleh dari hasil pencatatan alat ukur hujan otomatis. Durasi hujan selalu dihubungkan dengan waktu konsentrasi (t_c), khususnya pada drainase perkotaan/terapan diperlukan durasi hujan an h relatif pendek, mengingat akan toleransi terhadap lama genangan.

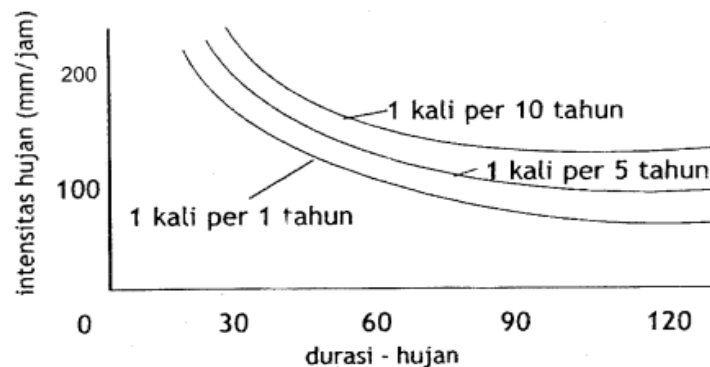
b. Intensitas Hujan

Intensitas hujan (I_t) adalah yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi. Intensitas hujan dianalisis dari data hujan secara empiris atau secara statistik.

c. Lengkung Hujan

Lengkung hujan adalah grafik hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan.

Perencanaan satuan primer, Sekunder dan tersier, didasarkan atas lengkung hujan rencana.



Gambar 2. 5 Grafik Lengkung Hujan

(Hasmar, 2012)

d. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan dibagian hulu suatu aliran.

Waktu konsentrasi ($t_c = t_o + t_d$) terdiri dari :

- i. Inlet time (t_o), waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di muka tanah menuju saluran drainase
- ii. Conduct time (t_d), waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran.

2.2.3 Curah Hujan Rata – Rata Daerah

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (*point rainfall*). Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat, maka untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata – rata curah hujan beberapa stasiun penakar hujan yang ada di dalam dan di sekitar kawasan tersebut (Suripin, 2004).

Dalam menentukan curah hujan rata – rata daerah ada tiga macam cara yang umum digunakan dalam menganalisa curah hujan rata – rata daerah di beberapa titik pengamatan. (Soemarto, 1999) yaitu :

2.2.3.1 Metode Rata – rata Aljabar (*Arithmetic Mean Method*)

Metode rata – rata dihitung dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran.

Cara ini digunakan apabila :

- a. Daerah tersebut berada pada daerah yang datar
- b. Penempatan alat ukur tersebar merata
- c. Variasi curah hujan sedikit dari harga tengahnya

Rumus yang digunakan :

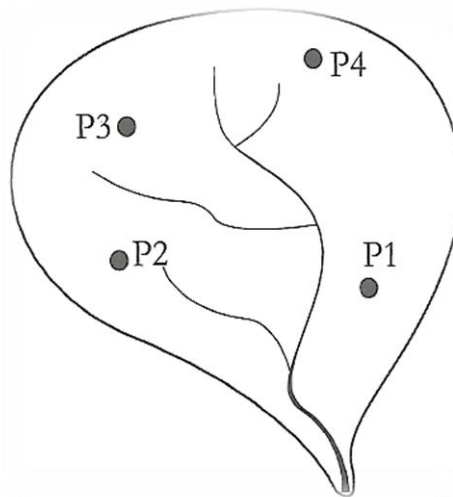
$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

R = Tinggi curah hujan maksimum rata – rata (mm)

n = Jumlah stasiun pengamatan

R1, R2, ... Rn = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ... n



Gambar 2. 6 Metode Rata – Rata Aljabar

2.2.3.2 Metode Poligon Thiessen

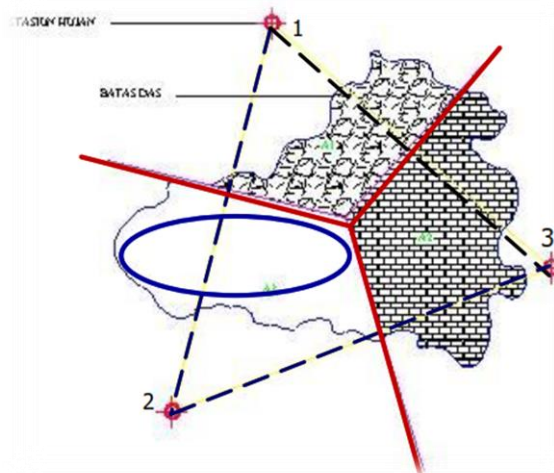
Cara ini didasarkan atas cara rata – rata timbang, dimana masing – masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis – garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun, dengan planimeter maka dapat dihitung luas daerah tiap stasiun. Hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah :

- a. Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah stasiun
- b. Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan
- c. Topografi daerah tidak diperhitungkan
- d. Stasiun hujan tidak tersebar merata

Cara penggambaran *Polygon Thiessen* adalah sebagai berikut:

1. Stasiun diplot pada suatu peta kemudian dihubungkan masing-masing stasiun dengan stasiun yang lain dengan sebuah garis bantu.
2. Tentukan titik potong *Polygon* dengan garis bantu dengan cara membagi dua sama panjang setiap garis bantu yang menghubungkan dua stasiun tersebut.
3. Kemudian tarik garis *Polygon* tegak lurus terhadap garis bantu yang menghubungkan dua stasiun melalui dua titik potong tadi yang terbagi sama panjang. Kemudian rangkaian garis-garis yang tegak lurus tersebut hingga membentuk suatu *Polygon*.

Sisi-sisi setiap *polygon* merupakan batas luas daerah efektif daerah tangkapan air hujan yang diasumsikan untuk stasiun tersebut. Luas masing-masing *polygon* ditentukan dengan planimeter dan dinyatakan dalam presentasi dari luas keseluruhan tangkapan air hujan.



Gambar 2. 7 Metode *Polygon Thiesen*

Misal A_1 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 1, A_2 adalah luas daerah pengaruh pos penakar 2, dan seterusnya. Jumlah $A_1 + A_2 + \dots + A_n = A$, merupakan jumlah luas daerah/seluruh areal yang dicari tinggi curah hujannya. Jika pos penakar 1 menakar tinggi hujan d_1 , pos penakar 2 menakar hujan d_2 hingga pos penakar n menakar hujan d_n , menurut (Soemarto, 1999) maka :

$$d = \frac{A_1.d_1 + A_2.d_2 + \dots + A_n.d_n}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$= \sum_1^n \frac{A_i .d_i}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jika $\frac{A_i}{A} = p_i$ yang merupakan presentase luas maka

$$d = \sum_i^n p_i .d_i \dots\dots\dots (2.5)$$

A = Luas daerah

d = Tinggi curah hujan rata-rata area

d₁, d₂, ... d_n = Tinggi curah hujan di pos penakar 1, 2, ... n

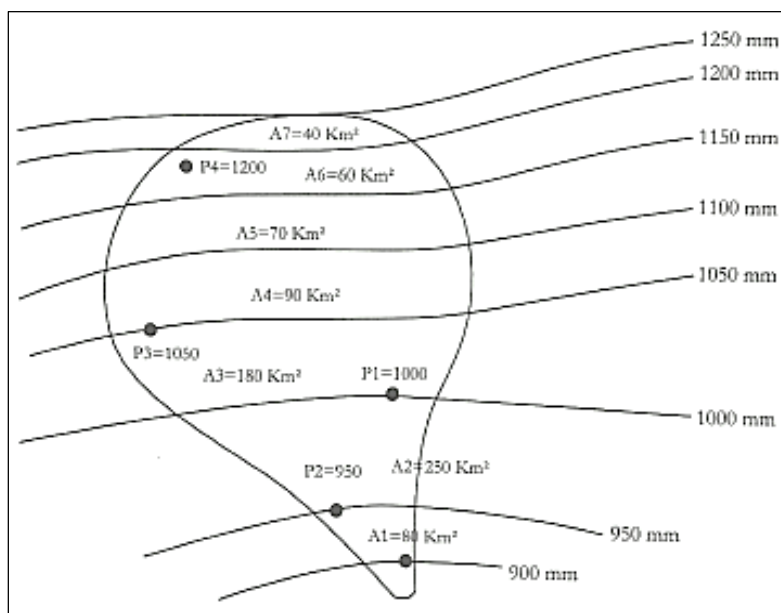
A₁, A₂, ... A_n = Luas daerah pengaruh di pos 1, 2, ... n

$\sum_{i=1}^n p_i$ = Jumlah presentase luas = 100%

2.2.3.3 Metode Isohyet

Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah tangkapan hujan tidak merata. Dengan cara ini, kita harus menggambar kontur berdasarkan tinggi hujan yang sama seperti pada **Gambar 2.8**. Metode ini digunakan dengan ketentuan :

- a. Dapat digunakan pada daerah datar maupun pegunungan
- b. Jumlah stasiun pengamatan harus banyak
- c. Yang bermanfaat untuk hujan yang sangat singkat



Gambar 2. 8 Metode Isohyet

Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{\frac{(R_1+R_2)}{2} \times A_1 + \frac{(R_2+R_3)}{2} \times A_2 + \dots + \frac{(R_{n-1}+R_n)}{2} \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

R = Curah hujan rata – rata (mm)

R₁, R₂, ..., R_n = Curah hujan 1, 2, ..., n (mm)

A₁, A₂, ..., A_n = Luar area antara dua Ishoyet (km²)

Cara Memilih Metode Rata – Rata Kawasan Dari ketiga metode di atas, pemilihan metode mana yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan faktor berikut (Suripin, 2004):

1) Luas DAS

Tabel 2. 1 Memilih Metode Rata-Rata Kawasan Berdasarkan Luas DAS

NO	Luas DAS	Metode
1	DAS besar ($> 5000 \text{ km}^2$)	Metode Isohyet
2	DAS sedang (500 s/d 5000 km^2)	Metode Thiessen
3	DAS kecil ($<500 \text{ km}^2$)	Metode rata-rata Aljabar

Sumber : (Suripin, 2004)

2) Topografi

Tabel 2. 2 Memilih Metode Rata-Rata Kawasan Berdasarkan Topografi

NO	Luas DAS	Metode
1	Pegunungan	Metode rata-rata Aljabar
2	Dataran	Metode Thiessen
3	Berbukit dan tidak beraturan	Metode Isohyet

Sumber : (Suripin, 2004)

2.2.4 Curah Hujan Rencana

Sistem hidrologi kadang kadang di pengaruhi oleh peristiwa peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Besaran peristiwa ekstrim berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa ekstrim kejadiannya sangat langka.

Menurut (Suripin, 2004) Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besarnya peristiwa peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (independent) dan terdistribusi secara acak dan bersifat stokastik. Frekuensi hujan dalam besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dikampai. Sebaliknya, kala ulang (return period) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampai.. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang ulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Misalnya, hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali dalam 10 tahun, akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10

tahunan. Ada kemungkinan selama kurung waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

Data hujan merupakan bagian dari data hidrologi yang penting untuk analisa-analisa dalam berbagai macam perencanaan. Dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) juga diperlukan data hujan yang jatuh di suatu DAS sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan. Data-data hujan yang terkumpul dari hasil perekaman suatu stasiun hujan dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan rencana tahunan yang akan datang. Curah hujan rencana merupakan estimasi hujan yang akan terjadi pada suatu DAS.

Hujan rancangan sendiri merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi curah hujan. Analisis frekuensi sesungguhnya merupakan prakiraan dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rancangan yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Curah hujan rencana merupakan estimasi hujan yang akan terjadi pada suatu DAS. Untuk menghitung hujan rencana tahunan dapat di cari menggunakan metode *Distribusi* Gumbel, Log Pearson Type III, Normal dan Log Normal.

1. Metode Distribusi Normal

Analisa hujan rencana tahunan yang pertama pada pembahasan ini menggunakan metode distribusi Normal. Cara yang di gunakan untuk menentukan besarnya hujan rencana pada metode ini biasanya digunakan untuk analisa limpasan permukaan dan frekuensi banjir pada suatu DAS. Data yang dihasilkan menggunakan metode ini berupa data curah hujan maksimum periode harian. Berikut ini merupakan rumus perhitungan analisa hujan rencana dengan metode distribusi Normal yang di adopsi dari buku (Loebis, 1993)

$$X_T = X + K_T S \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun
- X = Nilai rata-rata dari data hujan (X) mm.
- S = Standar deviasi dari data hujan (X) mm.
- K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T

Tabel 2. 3 Penentuan nilai K pada sebaran normal

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

Sumber : (Soewarno, 1995)

2. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. Distribusi Log Person Type III akan menjadi distribusi Log Normal apabila nilai koefisien kemencengan $C_s = 0,00$. Metode log normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut:

Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X_{rt} + k * S \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$X_t = 10\text{Log}X_t \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

X_t = curah hujan rencana

X_{rt} = curah hujan rata-rata

S = Standar deviasi dari data hujan (X) mm

K = koefisien untuk distribusi Log Normal

Tabel 2. 4 Faktor frekuensi K untuk distribusi Log Normal

Koef. Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
-2,00	0,2366	-0,6144	-1,2437	-1,8916	-2,7943	-3,5196
-1,80	0,2240	-0,6395	-1,2621	-1,8928	-2,7578	3,4433
-1,60	0,2092	-0,6654	-1,2792	-1,8901	-2,7138	3,3570
-1,40	0,1920	-0,6920	-1,2943	-1,8827	-2,6615	3,2001
-1,20	0,1722	-0,7186	-1,3057	-1,8696	-2,6002	3,1521
-1,00	0,1495	-0,7449	-1,3156	-1,8501	-2,5294	3,0333
-0,80	0,1241	-0,7700	-1,3201	-1,8235	-2,4492	2,9043
-0,60	0,0959	-0,7930	-1,3194	-1,7894	-2,3660	2,7665
-0,40	0,0654	-0,8131	-1,3128	-1,7478	-2,2631	2,6223
-0,20	0,0332	-0,8296	-1,3002	-1,5993	-2,1602	2,4745
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,20	-0,0332	0,8296	1,3002	1,5993	2,1602	2,4745
0,40	-0,0654	0,8131	1,3128	1,7478	2,2631	2,6223
0,60	-0,0959	0,8930	1,3194	1,7894	2,3660	2,7665
0,80	-0,1241	0,7700	1,3201	1,8235	2,4492	2,9043
1,00	-0,1495	0,7449	1,3156	1,8501	2,5294	3,0333
1,20	-0,1722	0,7186	1,3057	1,8696	2,6002	3,1521
1,40	-0,1920	0,6920	1,2943	1,8827	2,6615	3,2001
1,60	-0,2092	0,6654	1,2792	1,8901	2,7138	3,3570
1,80	-0,2240	0,6395	1,2621	1,8928	2,7578	3,4433
2,00	-0,2366	0,6144	1,2437	1,8916	2,7943	3,5196

Sumber : (Soewarno, 1995)

3. Distribusi Gumbel

Dalam perhitungan hujan rencana terdapat banyak metode yang bisa digunakan, dalam studi ini yaitu menggunakan metode Gumbel. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (Skweness) atau $CS = 1,1396$ dan koefisien kurtosis (Curtosis) atau $Ck < 5,4002$. Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial (Soewarno, 1991). Adapun persamaanya untuk menghitung hujan rencana dengan Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X_t = X_{rt} + \left(\frac{Y - Y_n}{S_n} \right) \cdot S \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

X_t = hujan rencana dengan periode ulang T tahun

X_{rt} = nilai rata-rata dari data hujan (X) .

S = Standar deviasi dari data hujan (X) .

S_n = reduced standar deviasi ke n

Y_n = Reduced mean (Tabel 2.5)

Y = koefisien untuk distribusi Gumbel

$Y = -\ln \left| \frac{l-1}{-\ln T} \right|$; Untuk $T \geq 20$, maka $Y = \ln T$

Tabel 2. 5 Reduced Mean (Yn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

Tabel 2. 6 Reduced Standard Deviation (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

4. Metode Distribusi Log Person Tipe III

Terdapat 12 buah distribusi Person, akan tetapi hanya distribusi Log Person Type III yang dipakai dalam analisa hidrologi ini. Tipe distribusi ini disebut Log Person Type III karena memperhitungkan 3 parameter statistic.

1. Harga rata – rata
2. Harga standar deviasi
3. Koefisien kepercengan

Dalam studi ini akan dipakai Metode Log Person Type III untuk menentukan besarnya curah hujan rancangan. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X_{rt} + k * S \dots\dots\dots(2.11)$$

$$X_t = 10^{\text{Log}X_t} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan rencana

X_{rt} = Curah hujan rata-rata

K = Koefisien untuk distribusi Log Pearson

➤ Hitung nilai rata-rata :

$$\overline{\log(x)} = \frac{\sum \log(x)}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

- Hitung nilai deviasi standarnya dari log X :

$$\overline{S \log(x)} = \sqrt{\frac{\sum(\log(x) - \overline{\log(x)})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.14)$$

- Hitung nilai koefisien kemencengan (CS) :

$$CS = \frac{n \sum(\log(X_i) - \overline{\log(Xrt)})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{S \log(x)})^3} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Sehingga persamaannya dapat ditulis :

$$\log X = \overline{\log(x)} + k(\overline{S \log(x)}) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana ;

Log x = Curah hujan rancangan kala ulang T tahun

log \bar{x} = Rerata Logaritma

S Log x = Standar deviasi

Tentukan anti log dari X, untuk mendapatkan nilai X yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode ulang tertentu

Tabel 2. 6 Harga K untuk Distribusi Log Person III

Periode Ulang (tahun)								
	2	5	10	25	50	100	200	1000
Kemencengan (CS)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105

Periode Ulang (tahun)								
	2	5	10	25	50	100	200	1000
Kemencengan (CS)	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

Dari keempat metode diatas akan diambil satu metode yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Syarat – syarat Jenis Distribusi

Distribusi	Syarat Nilai
Distribusi Normal	Cs ≈ 0 Ck ≈ 3
Distribusi Log Normal	Cs ≈ 1,137 Ck ≈ 5,54
Distribusi Gumbel	Cs ≈ 1,1396 Ck ≈ 5,4002
Distribusi Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0 Cv ≈ 0,3

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

• **Deviasi standar (S)**

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X}_{rt})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

- S = Deviasi standart
- X_i = Nilai varian ke i
- X_{rt} = Nilai rata-rata varian
- N = Reduced mean

• **Koefisien Skewness (CS)**

Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan dari suatu bentuk distribusi.

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_{rt})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

- CS = Koefisien Skewness
- X_i = Nilai varian ke i
- X_{rt} = Nilai rata-rata varian
- N = Jumlah data
- S = Deviasi standart

- **Koefisien Kurtosis (CK)**

Pengukuran kurtosis dimaksud untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - X_{rt})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)^4} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

Ck = Koefisien Kurtosis

Xi = Nilai varian ke i

X_{rt} = Nilai rata-rata varian

N = Jumlah data

- **Koefisien Variasi (Cv)**

$$Cv = \frac{S}{X_{rt}} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

Cv = Koefisien Variasi

X_{rt} = Nilai rata-rata varian

S = Deviasi standart

2.2.5 Uji Distribusi Frekuensi

Uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi yang dipilih dapat digunakan atau tidak untuk serangkaian data yang tersedia. Dalam studi ini, untuk keperluan analisa uji kesesuaian distribusi diperlukan dua metode statistik, yaitu Uji *Chi Square* dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.

1. Uji Chi-Kuadrat (Chi – Square)

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis (Soewarno, 1995). Parameter Chi-kuadrat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.21)$$

X_h² = parameter chi kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Adapun langkah – langkah perhitungan dari uji *Chi Square* adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap subgrup minimal empat data.
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap subgroup.
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
5. Tiap-tiap subgrup hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ menentukan nilai *Chi square* hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$.
8. Menentukan X^2 dari tabel dengan menentukan derajat kepercayaan (α) dan derajat kebebasan (dk).
9. Menyimpulkan hasil perhitungan, apabila $X^2_{hit} < X^2_{cr}$, maka persamaan distribusi teoritis yang dapat digunakan dapat diterima, dan apabila nilai $X^2_{hit} > X^2_{cr}$, maka persamaan ditribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.

Tabel 2. 8 Nilai Chi Kuadrat Teoritis

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
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

dk	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,582	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : (Soewarno, 1995)

2. Uji Smirnov- Kolmogorov

Uji *Smirnov-Kolmogorov* digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut Δ_{maks} . Prosedur perhitungan uji *Smirnov-Kolmogorov* adalah (Soetopo, 1998).

1. Data diurutkan dari kecil ke besar .
2. Menghitung peluang empiris (S_n) dengan rumus *Weibull*

$$S_n = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

$S_n(x)$ = posisi data x menurut data pengamatan

m = nomor urut data

n = banyaknya data.

3. Menghitung peluang teoritis (P_t) dengan rumus : $P_t = 1 - P_r$ dengan
 P_r = Probabilitas yang terjadi.
4. Simpangan maksimum (Δ_{maks}) dengan rumus : $\Delta_{maks} = | P_x(x) - S_n(x) |$
5. Menentukan nilai Δ_{cr}
6. Menyimpulkan hasil perhitungan, yaitu apabila $\Delta < \Delta_{cr}$ maka distribusi terpenuhi dan apabila $\Delta > \Delta_{cr}$ maka distribusi tidak terpenuhi.

Tabel 2. 9 Harga Kritis (Δ_{Cr}) Untuk Smirnov Kolmogorov Test

Jumlah Data	α (derajat kepercayaan)			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
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	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

Tabel 2. 10 Harga X^2 Untuk Chi Square Test

DK	Distribusi X^2					
	0,995	0,9	0,5	0,1	0,05	0,01
1	0	0,016	0,455	2,706	3,841	6,635
2	0,01	0,211	1,386	4,605	5,991	9,21
3	0,072	0,584	2,366	6,251	7,815	11,345
4	0,207	1,064	3,357	7,779	9,488	13,277
5	0,412	1,61	4,351	10,236	11,07	15,086
6	0,676	2,402	5,348	12,017	12,592	16,812
7	0,989	2,833	6,346	14,067	14,067	18,475

DK	Distribusi X ²					
	0,995	0,9	0,5	0,1	0,05	0,01
8	1,344	3,49	7,344	13,362	15,507	20,09
9	1,735	4,168	8,343	14,684	16,919	21,666
10	2,156	4,865	9,342	15,987	18,307	23,209

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

2.2.6 Kala Ulang Minimum

Menurut (J. Kadoati, 2013), kala ulang atau periode ulang dapat didefinisikan sebagai interval waktu dari suatu peristiwa yang mencapai suatu harga tertentu atau melampaui harga tersebut. Analisis periode ulang debit menggunakan ilmu statistic dalam menentukan besaran tersebut, yaitu dalam konsep analisis kemungkinan (Probability).

Periode ulang tahunan merupakan rerata selang waktu perkiraan terjadinya banjir. Periode ulang yang diisyaratkan menurut Departemen Pekerjaan Umum ditampilkan pada **Tabel 2.11**

Tabel 2. 11 Kala Ulang yang Diisyaratkan Berdasarkan Tipologi Kota & Luas Daerah Pengaliran

Tipologi Kota	Cathment Area (Ha)			
	<10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 thn	2-5 thn	5-10 thn	10-25 thn
Kota Besar	2 thn	2-5 thn	2-5 thn	5-20 thn
Kota Sedang / Kecil	2 thn	2-5 thn	2-5 thn	5-10 thn

Sumber: DPU (Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder (N S P M) hal 6)

2.2.7 Analisa Debit Banjir Rencana

1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel yang didasarkan pada kondisi daerah aliran sungai dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Kondisi dan karakteristik yang dimaksud adalah :

1. Keadaan hujan
2. Luas dan bentuk daerah pengaliran
3. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
4. Daya infiltrasi dari perkolasi tanah
5. Kebasahan tanah
6. Suhu udara dan angin serta evaporasi

7. Tata guna tanah

Koefisien pengaliran sangat tergantung pada faktor-faktor fisik, untuk menentukan koefisien rata – rata (C) dengan berbagai kondisi permukaan dapat dihitung atau ditentukan dengan cara berikut :

$$C = \frac{C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

C = koefisien pengaliran dari daerah aliran

A_i = luas masing-masing tata guna lahan (km²)

C_i = koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A = luas total daerah pengaliran (km²)

Sumber : (Soewarno, 1991)

Nilai C untuk Koefisien pengaliran merujuk pada **Tabel 2.12**

Tabel 2. 12 Koefisien Pengaliran

No	Tata guna lahan	Koefisien pengaliran
1	Jalan beton dan aspal	0,70-0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40-0,70
3	Bahu jalan : Tanah berbutir halus	0,40-0,65
4	Tanah berbutir kasar	0,10-0,20
5	Batuan massif keras	0,70-0,85
6	Batuan massif halus	0,60-0,75
7	Daerah perkotaan	0,70-0,95
8	Daerah pinggir kota	0,60-0,75
9	Daerah industry	0,60-0,90
10	Pemukiman padat	0,40-0,60
11	Pemukiman tidak padat	0,40-0,60
12	Taman dan kebun	0,20-0,40
13	Persawahan	0,45-0,60
14	Perbukitan	0,70-0,80
15	Pegunungan	0,75-0,90

Sumber : (Subarkah, 1980)

2. Analisa Debit Banjir Rencana

Banjir rancangan atau design flood adalah besaran debit yang secara statistik disamai atau dilampaui sekali dalam kala ulang tertentu (Limantara, 2010). Terdapat beberapa cara untuk menghitung sebit banjir rancangan yaitu salah satunya dengan membuat hidrograf menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis. Beberapa Hidrograf Satuan Sintesis yang telah dikembangkan, yaitu HSS Nakayasu, HSS Snyder, HSS Gamma I, HSS Limantara, dan lainnya.

Dalam perhitungan debit banjir rancangan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

1) Metode Haspers

Rumus:

$$Q = \alpha \times \beta \times q \times A \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

$$T = 0,1 \times L \ 0,8 \times i - 0,30 \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\alpha = \frac{1+(0,012 \times A^{0,07})}{1+(0,075 \times A^{0,07})} \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+(3,70 \times 10^{0,04t})}{t^2 + 15} \frac{A^{0,75}}{12} \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

Q = debit rencana pada periode ulang tertentu(m3/det)

α = koefisien limpasan air hujan

β = koefisien pengurangan luas daerah hujan

A = Luas Daerah aliran sungai (Km²)

T = Waktu konsentrasi hujan (jam)

L = panjang sungai (Km)

i = Kemiringan Sungai

Untuk t < 2 jam digunakan rumus

$$r = \frac{t \times R}{t+1-0,0008(260-R) \times (2-t)^2} \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

Untuk t > 2 jam digunakan rumus

$$r = \frac{t \times R}{r} \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

$$q = \frac{t+1}{3,6 \times t} \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana :

R = curah hujan periode ulang tertentu (mm)

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

2) Metode Rasional

Metode ini digunakan dengan anggapan bahwa DAS memiliki:

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

Rumus :

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,60} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana :

C = koefisien limpasan air hujan

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

A = luas daerah pengaliran (Km²)

Q = debit maksimum (m³/det)

Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus *Mononobe* :

$$I = \frac{R}{24} * \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

R = hujan maksimum (mm)

tc = waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$Tc = 0,0133L * i^{-0,6} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

Tc = waktu konsentrasi (jam)

L = panjang sungai (km)

i = kemiringan sungai

Sumber : (Bambang Triatmojo, 2008)

3) Metode der Weduwen

Analisa metode ini hampir sama dengan Metode Haspers hanya saja rumusan koefisiennya yang berbeda.

Rumus:

$$Q_n = C \cdot \beta \cdot q \cdot A \dots\dots\dots(2.33)$$

a. Koefisien Aliran © dihitung dengan rumus

$$C = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot qn+7} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dengan,

β = Koefisien reduksi

b. Koefisien Reduksi (β) dihitung dengan rumus

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}A}{120+A} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dengan,

β = Koefisien reduksi

t = waktu Konsentrasi (jam)

A = luas DAS (Km²)

c. Modul banjir maksimum menurut der Weduwen

Dirumuskan :

$$q = \frac{67,65}{t+1,45} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

t = waktu konsentrasi / lama hujan terpusat (jam)

Waktu Konsentrasi (t) dihitung dengan :

$$t = 0,25 L Qn^{-0,125} i^{-0,25} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dengan.

i = Kemiringan sungai rata – rata

L = panjang sungai (km)

Metode ini harus dihitung dengan *trial and error* sehingga ketepatan antara waktu konsentrasi dengan debit sama atau mendekati sama. Hasil sungai dari Qn dengan hujan rencana kala ulang T tahun (RT) merupakan debit banjir yang dicari.

4) Metode HSS Gamma I

Untuk membuat hidrograf banjir pada sungai-sungai yang tidak ada atau sedikit dilakukan pengamatan (observasi) hidrograf banjirnya, maka perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut terlebih dahulu. Karakteristik atau parameter tersebut antara lain waktu untuk mencapai puncak hidrograf, lebar dasar, luas, kemiringan, panjang alur terpanjang, koefisien limpasan dan sebagainya.

Hidrograf satuan sintetis merupakan suatu cara untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir (Limantara, 2010). Parameter yang diperlukan dalam analisa menggunakan HSS Gamma I antara lain:

1. Luas DAS (A)
2. Panjang alur sungai utama (L)
3. Panjang alur sungai ke titik berat DAS (Lc)
4. Kelandaian / Slope sungai (s)
5. Kerapatan jaringan kuras(D)

Selain parameter diatas, masih ada parameter lain yang dipakai, antara lain:

1. Faktor sumber (FS)

Perbandingan antara jumlah panjang sungai satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat.

$$FS = \frac{L_1}{LN} \dots\dots\dots(2.38)$$

2. Frekuensi sumber (SN)

Frekuensi sumber (SN) yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai- sungai tingkat 1 (P1) dengan jumlah segmen sungai semua tingkat (Ps).

$$SN = \frac{P_1}{PN} \dots\dots\dots(2.39)$$

3. Luas DAS sebelah hulu (RUA)

Perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun pengukuran dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS melewati titik tersebut dengan luas DAS total (RUA).

$$RUA = \frac{AU}{A} \dots\dots\dots(2.40)$$

4. Faktor simetri (SIM)

Hasil sungai antara faktor lebar (WF) dengan luas DAS sebelah hulu (RUA) jadi :

$$SIM = WF \times RUA \dots\dots\dots(2.41)$$

5. Faktor Lebar (WF)

Perbandingan antara lebar DAS yang diukur dititik sungai yang berjarak 0,75 L dan lebar DAS yang diukur di titik sungai berjarak 0,25 L dari titik kontrol (outlet). Garis Wu dan Wl ^ (tegak lurus) dengan garis yang ditarik dari outlet ke titik 0,25 L dan 0,75 L.

$$WF = \frac{WU}{W1} \dots\dots\dots(2.42)$$

Hidograf satuan diberikan dengan empat variable pokok, yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB) dan koefisien tampungan (k), persamaan- persamaan yang dipakai yaitu:

a) Waktu Naik

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665SIM + 1,2775 \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

TR = waktu naik (jam)

L = panjang sungai (km)

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

SIM = faktor simetri ditetapkan sebagai hasil sungai antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA).

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

b) Waktu Dasar (TB)

$$TB = 27,4132.TR^{0,1457} . S^{-0,0986} . SN^{-0,7344} . RUA^{0,2574} \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana:

TB = waktu dasar (jam)

S = landai sungai rata-rata

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

TR = waktu naik (jam)

RUA = luas DAS sebelah hulu (km²)

c) Debit Puncak

$$Qp = 0,1836 . A^{0,5886} . TR^{-0,0986} . JN^{0,2381} \dots\dots\dots(2.45)$$

Dimana:

TR = waktu naik (jam)

JN = jumlah pertemuan sungai

d) Tampungan

$$K = 0,5617 . A^{0,1789} . S^{-0,1446} . SF^{-1,0997} . D^{0,0452} \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana:

K = Tampung

Dalam pemakaian cara ini masih ada hal – hal lain yang perlu diperhatikan, diantaranya sebagai berikut:

1. Penetapan hujan mangkus yang digunakan untuk memperoleh hidrograf dilakukan dengan menggunakan indeks infiltrasi. Perkiraan indeks infiltrasi dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh parameter DAS yang secara hidrologi dapat diketahui pengaruhnya terhadap indeks infiltrasi. Persamaan pendekatannya sebagai berikut:

$$\phi = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} A^2 + 1,6985 \times 10^{-3} \left(\frac{A}{SN}\right)^4 \dots\dots\dots(2.47)$$

2. Untuk memperkirakan aliran dasar digunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$QB = 0,4715 .A^{0,6444} .D^{0,9430} (m^3/det) \dots\dots\dots(2.48)$$

3. Dalam menetapkan hujan rata-rata DAS, perlu mengikuti cara-cara yang ada. Tetapi bila dalam praktek analisa tersebut sulit, maka disarankan menggunakan cara yang disebutkan dengan mengalikan hujan titik dengan faktor reduksi hujan sebesar:

$$B = 1,5518 .A^{-\frac{0}{1491}} .N^{-0,2725} .SIM^{-0,0259} .S^{-0,0733} \dots\dots\dots(2.49)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung besar debit banjir setiap jam dengan persamaan:

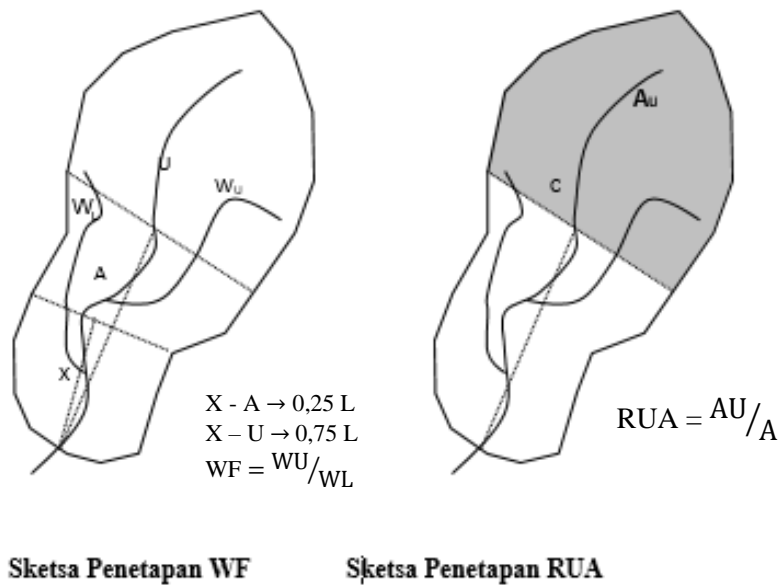
$$Qp = \sum(Qt \times R_{eff}) + (QB) \dots\dots\dots(2.50)$$

Dimana:

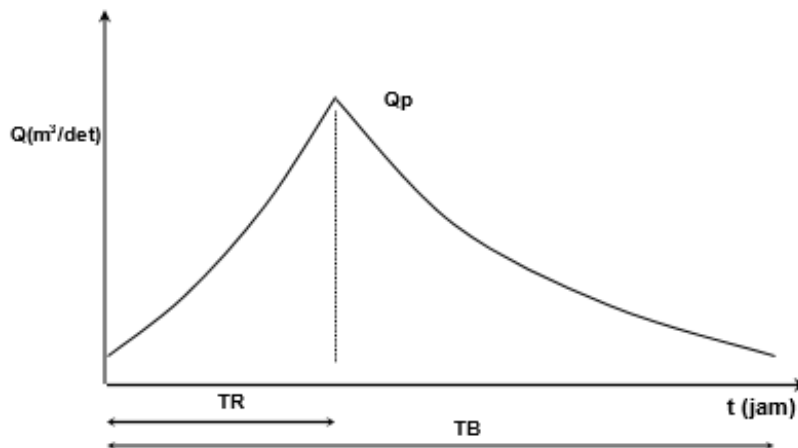
Qp : Debit banjir setiap jam (m3/det)

Qt : Debit satuan tiap jam (m3/det)

Reff : Curah hujan efektif (mm/jam)



Gambar 2. 9 Sketsa Penetapan WF dan Rua



Gambar 2. 10 Grafik HSS Gamma I

5) Metode Nakayasu

Nakayasu dari Jepang, telah membuat rumus hidrograf satuan sintetik (HSS) dari hasil penyelidikannya. Dalam studi ini dipilih Metode Nakayasu untuk menghitung debit banjir rencana.

Metode Nakayasu dapat menggambarkan hubungan antara debit dengan besarnya curah hujan untuk DAS dalam luas sampai 500 Ha. Debit banjir dapat dihitung berdasarkan parameter hujan dan karakteristik DAS, dengan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono, 1987).

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A R e}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \dots\dots\dots(2.51)$$

Dengan :

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/det)

R_e = Curah hujan efektif (mm)

T_p = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

A = Luas DAS (Km^2)

C = Koefisien pengaliran

T_g = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang sungai utama (Km)

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan dengan rumus :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots\dots\dots(2.52)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots(2.53)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots(2.54)$$

T_g adalah waktu antara hujan sampai debit puncak (jam). T_g dihitung dengan Ketentuan sebagai berikut :

- Sungai dengan Panjang $L > 15$ Km : $t_g = 0,4 + 0,058 L \dots\dots\dots(2.55)$

- Sungai dengan Panjang alur $L < 15$ Km : $t_g = 0,21 L^{0,7} \dots\dots\dots(2.56)$

Dengan :

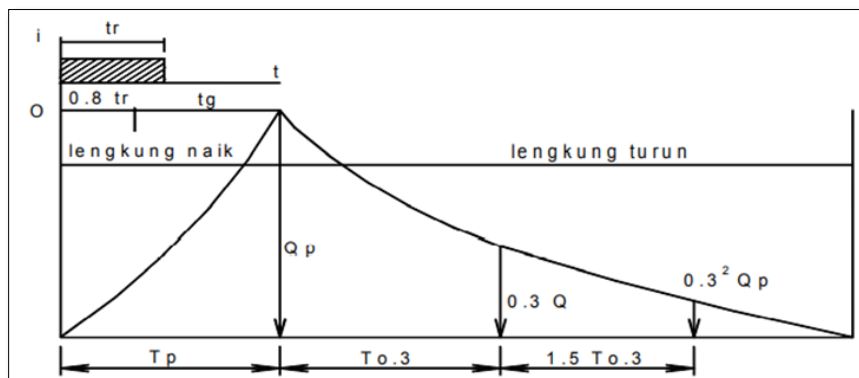
T_r = Satuan waktu curah hujan (jam)

α = Koefisien karakteristik DAS

$\alpha = 2 \Rightarrow$ pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5 \Rightarrow$ pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3 \Rightarrow$ pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



Gambar 2. 11 Lengkung hidrograf satuan sintetik Nakayasu

➤ Pada waktu naik : $0 < t < T_p$

$$Q_a = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana :

$Q_{(p)}$ = Limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3)

t = Waktu (jam)

➤ Pada waktu turun (*decreasing limb*)

• Selang nilai : $0 \leq T \leq (0,3T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3 \frac{(t-T_p)}{T_{0,3}} \dots\dots\dots(2.58)$$

• Selang nilai : $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3 \frac{(t-T_p+0,5 T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}} \dots\dots\dots(2.59)$$

• Selang nilai : $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3 \frac{(t-T_p+0,5 T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}} \dots\dots\dots(2.60)$$

Sumber : Bambang Triadmodjo, 2006

6) Metode Snyder

Empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut ini (*Bambang Triadmodjo, 2006*) :

$$t_p = C_t (L Lc)^{0,3} \dots\dots\dots(2.61)$$

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$T = 3 + \frac{t_p}{8} \dots\dots\dots(2.63)$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standar t_D , maka :

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D) \dots\dots\dots(2.64)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}} \dots\dots\dots(2.65)$$

Dengan :

t_D = Durasi standar dari hujan efektif (jam)

t_r = Durasi hujan efektif (jam)

t_p = Waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf satuan (jam)

t_{pR} = Waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf satuan (jam)

- T = Waktu dasar hidrograf satuan (hari)
- Q_p = Debit puncak untuk durasi t_r
- L = Panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang di tinjau (Km)
- L_c = Jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (Km)
- A = Luas DAS (Km^2)
- C_t = Koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7
- C_p = Koefisien tergantung dari karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

2.3 Aspek 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 hasil pengamatan yang diperoleh. Analisis hidrolika dilakukan sepanjang saluran untuk mendapatkan dimensi saluran yang diinginkan, yaitu ketinggian muka air sepanjang alur sungai yang ditinjau.

Tujuan utama dari analisa hidrolika adalah untuk mengetahui keadaan aliran sepanjang alur sungai yang ditinjau dan menentukan elevasi muka air akibat debit banjir rancangan yang mengalir pada sungai.

2.3.1 Analisa Kapasitas Sungai

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu dilewatkan oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk menyatakan apakah debit yang direncanakan tersebut mampu ditampung saluran eksisting tanpa terjadi peluapan air. Kapasitas saluran dihitung berdasarkan rumus :

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} A \dots\dots\dots(2.65)$$

Dimana:

Q = Debit saluran (m^3/det)

n = nilai koefisien kekasaran manning, besarnya nilai koefisien kekasaran manning tergantung dari lapisan terluar dari penampang melintang sungai. Jika terdapat lebih dari satu jenis lapisan, maka nilai koefisien kekasaran yang digunakan adalah koefisien kekasaran komposit (gabungan keduanya).

R = Jari-jari hidrolis

I = Kemiringan energi

A = Luas penampang basah (m^2)

Jenis dan bentuk saluran disesuaikan dengan keadaan lingkungan setempat. Adapun bentuk dan jenis saluran yang sering dipakai :

a. Saluran berbentuk segiempat dan modifikasinya

Saluran ini biasa dipakai pada daerah dengan luas terbatas, misalnya pada lingkungan pemukiman. Ambang saluran ini dapat difungsikan sebagai inlet air hujan yang turun di daerah tersebut.

b. Saluran berbentuk trapesium dan modifikasinya

Saluran ini dapat diterapkan pada daerah dengan kepadatan rendah. Besarnya talud saluran dapat disesuaikan dengan keadaan tanah setempat.



Gambar 2. 12 Bentuk Persegi & Bentuk Trapesium

2.3.2 Analisa Profil Aliran dengan Pemodelan Hec-Ras 6.5

Analisa hidrolika dalam pengerjaannya dilakukan dengan program bantu Hec-Ras 6.5. *HEC-RAS* merupakan aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai (River Analysis System) (RAS), software ini dibuat oleh Hydrologic Engineering Center (HEC) yang merupakan salah satu divisi dari Institute for Water Resources (IWR) dibawah US Army Corps of Engineer (USACE). Aplikasi ini digunakan untuk memodelkan aliran di sungai. HEC-RAS adalah model dua dimensi aliran tetap maupun tidak tetap.

Pada program ini diperlukan data penampang melintang maupun memanjang sungai dan data debit banjir rancangan hasil perhitungan. Data yang ada akan dimasukkan ke dalam program dan akan menghasilkan keluaran hasil berupa sifat dan karakteristik saluran yang meliputi elevasi muka air, muka air kritis, kecepatan, luas daerah aliran dan bilangan Fraude.

Secara umum, program HEC-RAS 6.5 ini dapat digunakan dalam menghitung aliran tunak berubah perlahan dengan penampang saluran prismatic ataupun non-prismatic, baik untuk aliran subkritis maupun superkritis. Selain itu HEC-RAS 6.5 ini juga dapat digunakan untuk menghitung saluran gabungan dan menghitung profil muka air dengan data yang sudah diolah sebelumnya dengan kriteria yang ada. Program HEC-RAS ini dianjurkan dalam analisa jaringan sungai maupun analisa jaringan drainase.

Data input yang harus dimasukkan untuk melakukan analisa hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS 6.5 adalah:

1. Data geometric sungai yang ditinjau (koordinat x,y untuk potongan memanjang, penampang melintang)
2. Koefisien Manning
3. Data aliran (debit tiap titik penampang)

Dalam Hec-Ras, ada dua jenis asumsi yaitu aliran steady dan unsteady. Aliran steady adalah aliran yang kecepatan (v) tidak berubah (constant) selama selang waktu tertentu, sedangkan aliran unsteady adalah aliran yang memiliki kecepatan aliran selalu berubah selama selang waktu tertentu.

Profil aliran dapat digambarkan dengan berbagai metode perhitungan, salah satu metode yang memberikan hasil cukup memuaskan untuk saluran tak prismatic seperti misalnya pada saluran alam atau Kali adalah metod tahapan standar (Standart Step Method). Untuk menjelaskan cara ini dianggap bahwa muka air terletak pada suatu ketinggian dari bidang datar.

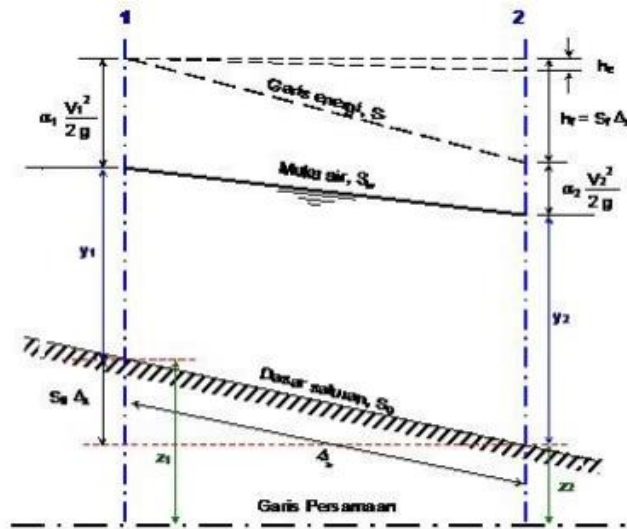
Persamaan dasarnya adalah persamaan energy (Chow, 1989):

$$Z_1 + a_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + a_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e \quad \dots\dots\dots(2.66)$$

$$h_f = S_f \cdot \Delta x \quad \dots\dots\dots(2.67)$$

$$h_e = k \cdot \left[a_2 \frac{V_2^2}{2g} - a_1 \frac{V_1^2}{2g} \right] \quad \dots\dots\dots(2.68)$$

Cara tahapan langsung menurut (Chow, 1989) secara umum metode tahapan dinyatakan dengan membagi saluran menjadi bagian bagian saluran yang pendek , lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung saluran lainnya.



Gambar 2. 13 Sketsa Rumus Persamaan Garis Energi pada Saluran

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \dots\dots\dots(2.69)$$

Dan

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2.70)$$

Maka

$$H_1 = H_2 + h_f + h_c \dots\dots\dots(2.71)$$

dimana :

- Z1 , Z2 = Elevasi muka air
- V1 , V2 = Kecepatan rata-rata
- α_1 , α_2 = Koefisien energi
- g = Percepatan gravitasi
- hf, hc = Kehilangan energi
- α_x = Jarak penampang melintang
- Sf = Kemiringan geser rata-rata
- k = koefisien kehilangan energi

2.2.2.1 Bentuk Penampang Sungai

Pada sungai yang perbedaan antara debit banjir dan debit minimumnya besar, pada waktu air rendah, alurnya sangat labil, tinggi bantaran ditentukan berdasarkan hubungan antara aliran banjir dan luas profil arus bawah. Biasanya antara 1,0 – 1,5 m diatas elevasi muka air rendah rata – rata. Untuk memperkirakan penampang sungai, dikaitkan dengan debit

rancangan. Hal ini diambil contoh penampang berbentuk trapezium, maka dipakai rumus manning sebagai berikut :

- Luas Penampang

$$A = (b + m \cdot h)h \quad \dots\dots\dots(2.72)$$

Dimana :

A = luas penampang basah

b = Lebar penampang saluran (m)

m = Koefisien Kemiringan

h = Kedalaman (m)

- Keliling penampang basah (P)

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad \dots\dots\dots(2.73)$$

dimana :

P = luas penampang basah

b = Lebar penampang saluran (m)

m = Koefisien Kemiringan

h = Kedalaman (m)

- Jari – jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad \dots\dots\dots(2.74)$$

dimana :

R = Jari – jari hidrolis(m)

A = Luas penampang basah

P = Keliling penampang basah (m)

- Kecepatan aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(2.75)$$

Dimana :

V = Kecepatan rata – rata (m/det)

N = Koefisien kekasaran manning

R = Jari – jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran

- Debit (Q)

$$Q = A.V \dots\dots\dots(2.76)$$

Dimana :

Q = Debit banjir rencana

A = Luas penampang basah

V = Kecepatan rata – rata

2.2.2.2 Persamaan Manning

Rumus Manning mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan, oleh karena itu rumus Manning dapat luas penggunaannya sebagai rumus aliran seragam dalam perhitungan saluran. Nilai kekasaran penampang suatu sungai bisa berbeda tergantung pada beberapa faktor sehingga perlu ditinjau mana yang memiliki pengaruh besar terhadap penentuan nilai koefisien kekasaran. Robert Manning, mengemukakan teori mengenai koefisien kekasaran yang sampai saat ini dikenal dengan rumus Manning. Persamaan untuk kecepatan aliran yang terjadi dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.77)$$

Dimana:

v = kecepatan rata-rata (m/det)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan dasar rata-rata

n = koefisien kekasaran Manning

Koefisien kekasaran Manning (n) memiliki nilai yang bervariasi sesuai dengan kondisi yang dikaji. Dari perhitungan didapat hasil yang memuaskan sehingga membuat rumus Manning banyak digunakan dalam perhitungan hidrolis saluran terbuka. Berikut merupakan faktor yang memiliki pengaruh besar dalam penentuan koefisien kekasaran baik untuk saluran alami maupun buatan (Chow, 1989) :

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| a. Kekasaran permukaan | e. Pengendapan dan penggerusan |
| b. Tumbuhan | f. Hambatan |
| c. Ketidakteraturan saluran | g. Ukuran dan bentuk saluran |
| d. Trase saluran | h. Taraf air dan debit |

Semua faktor diatas harus dipelajari dan dinilai dengan memperhatikan kondisi jenis saluran, keadaan aliran, derajat pemeliharaannya dan pertimbangan lainnya yang berkaitan. Lebih lanjut lagi, hal-hal tersebut akan menjadi dasar dalam menentukan nilai koefisien

kekasaran yang sesuai dengan masalah yang dihadapi di daerah kajian. Namun, tidak ada cara tertentu untuk menentukan besarnya nilai koefisien kekasaran. Sehingga, menimbulkan kesulitan besar dalam penggunaan rumus Manning. Yang bisa dilakukan hanya memperkirakan hambatan apa saja yang terjadi pada suatu 23 saluran. Namun, angka koefisien kekasaran Manning dapat didekati dengan rumus Cowan yang ditulis sebagai berikut (Chow, 1989):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana:

- n0 = nilai dasar n untuk saluran yang lurus
- n1 = nilai yang ditambahkan ke n0 untuk mengoreksi efek ketidakteraturan permukaan
- n2 = nilai untuk variasi bentuk dan ukuran penampang saluran
- n3 = nilai untuk hambatan
- n4 = nilai untuk kondisi tumbuhan dan aliran
- m5 = faktor koreksi bagi belokan

Tabel 2. 13 Koefisien Manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	SALURAN BUATAN				
01	Saluran tanah, lurus, teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
02	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
03	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
04	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
05	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
06	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
07	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
SALURAN ALAM					
08	Bersih, lurus, tidak berpasir, tidak berlubang	0,025	0,028	0,030	0,033
09	Seperti no. 8, tetapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10	Melengkung, bersih, berlubang dan berdinding pasir	0,033	0,035	0,040	0,045

11	Seperti no. 10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12	Seperti no. 10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13	Seperti no. 11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15	Banyak tumbuh tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
SALURAN BUATAN, BETON ATAU BATU KALI					
16	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17	Seperti No. 16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,015	0,018

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum, 1994

2.3.3 Kolam Retensi

2.2.3.1 Pengertian Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan kolam/waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu, berfungsi untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air/sungai. Konsep dasar dari kolam retensi adalah menampung volume air ketika debit maksimum di sungai datang, kemudian secara perlahan-lahan mengalirkan ketika debit di sungai sudah kembali normal. Secara spesifik kolam retensi akan memangkas besarnya puncak banjir yang ada di sungai, sehingga potensi over topping yang mengakibatkan kegagalan tanggul dan luapan sungai tereduksi.

Untuk merencanakan pembangunan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi untuk menentukan besarnya debit banjir rencana akan berpengaruh terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun. Kemudian diperlukan data curah hujan untuk rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono & Masateru, 1985). Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun. Pada perencanaan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono & Masateru,

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNDARIS II - 49

1985). Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun. Pada perencanaan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono & Masateru, 1985). Selain data tersebut, debit air kotor juga perlu direncanakan untuk memastikan jumlah air yang masuk ke dalam kolam retensi yang akan dibangun.

2.2.3.2 Fungsi Kolam Retensi

Kolam retensi berfungsi untuk menyimpan dan menampung air sementara dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Tingkat pengurangan banjir tergantung pada karakteristik hidrograf banjir, volume kolam dan dinamika beberapa bangunan outlet. Wilayah yang digunakan untuk pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang rendah. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam retensi dapat digunakan sebagai penampungan air hujan sementara dan penyalur atau distribusi air. Selain fungsi utamanya sebagai pengendali banjir, manfaat lain yang bisa diperoleh dari kolam retensi antara lain sebagai sarana pariwisata air dan sebagai konservasi air karena mampu meningkatkan cadangan air tanah setempat.

2.2.3.3 Tipe Kolam Retensi

Kolam retensi memiliki berbagai tipe, seperti :

1. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan pintu outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.



Gambar 2. 14 Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai.

Sumber : (DPU, 2010)

2. Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu outlet, bendung, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit didapat. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitas kolam yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan sulit dan pemeliharaan yang mahal.



Gambar 2. 15 Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai.

Sumber : (DPU, 2010)

3. Kolam retensi tipe storage memanjang

Kelengkapan sistem dari kolam retensi tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahan dari tipe ini adalah kapasitasnya terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit. Ukuran ideal suatu kolam retensi adalah dengan perbandingan panjang/lebar lebih besar dari 2:1. Sedang dua kutub aliran masuk (inlet) dan keluar (outlet) terletak kira-kira di ujung kolam berbentuk bulat telur itulah terdapat kedua "mulut" masuk dan keluarnya (aliran) air. Keuntungan yang diperoleh adalah bahwa dengan bentuk kolam yang memanjang semacam itu, ternyata sedimen relatif lebih cepat mengendap dan interaksi antar kehidupan (proses aktivitas biologis) di dalamnya juga menjadi lebih aktif karena terbentuknya air yang 'terus bergerak, namun tetap dalam kondisi tenang, pada saatnya tanaman dapat pula menstabilkan dinding kolam dan mendapat makanan (nutrient) yang larut dalam air.



Gambar 2. 16 Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang.

Sumber : (DPU, 2010)

2.2.3.1 Perhitungan Kolam Retensi

a. Data yang di gunakan :

- Waktu Pengaliran sepanjang saluran (td)
- Waktu Konsentrasi (tc)
- Hujan Rencana Kala Ulang 10 tahun (Rt)
- Intensitas Hujan (I)
- Debit air yang masuk (Qin)

b. Membuat grafik hidrograf aliran masuk.

c. Hitung komulatif volume aliran dari grafik hidrograf.

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNDARIS II - 52

- d. Perhitungan kapasitas inflow, krisis dengan mencoba (trial & error) model hidrograf kondisi kolam retensi kritis $t_c > t$. Dicoba : kala ulang 2 tahunan dengan $t_c = \dots$ menit
 $\rightarrow i = \dots$ mm/jam (lihat tabel intensitas hujan)

$$C_s = \frac{2 t_c}{2 t_c + t_d} \dots\dots\dots(2.79)$$

$$Q_{in}' = 0,278 C_s \cdot i \cdot A \dots\dots\dots(2.80)$$

- e. Gambar hidrograf aliran
 f. Hitung kumulatif volume aliran masuknya dari grafik hydrograph.
 g. Hasil Kumulatif kemudian di plot. Dari data tersebut terlihat tidak terjadi aliran kritis pada daerah studi, aliran tersebut lebih besar dari perencanaan berdasarkan waktu konsentrasi.
 h. Dari grafik kumulatif aliran akan dihasilkan volume kolam retensi.

2.2.3.2 Perhitungan Kebutuhan Pompa dan Kapasitas Kolam yang diperlukan

Perhitungan Kapasitas pompa menggunakan data DAS Gung dan menghitung Long Storage yang tersedia pada area tersebut sehingga dapat menentukan kapasitas pompa dan kapasitas kolam yang di pakai.

2.2.3.3 Kapasitas Tampung Kolam Retensi (Long Storage)

Perhitungan kapasitas kolam dimaksudkan untuk menentukan batasan maksimum yang dapat ditampung oleh kolam penampungan. Volume kapasitas longstorage dengan elevasi muka air yang beragam dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{long\ storage} = \text{Panjang long storage} \times \text{Lebar long storage} \times \text{Tinggi muka air}$$

2.2.3.4 Dimensi Kolam Retensi

Dimensi kolam penampungan didasarkan pada perhitungan debit rencana yang masuk kolam penampungan dari sungai dan debit rencana yang keluar dari kolam penampungan akan melalui pompa. Rumus yang digunakan untuk menghitung dimensi kolam penampungan ini adalah sebagai berikut :

$$V = 1/2 \times (A_1 + A_2) \cdot H \dots\dots\dots(2.81)$$

Keterangan :

V = Volume kolam penampungan (m³)

A1 = Luas Bawah (m²)

A2 = Luas Atas (m²)

H = Tinggi kolam penampungan (m)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Uraian Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang beberapa aspek meliputi langkah langkah yang akan dilakukan dengan menguraikan segala sesuatu yang berhubungan dengan penyelesaian Tugas Akhir ini. Selain itu, dijelaskan pula urutan pelaksanaannya dan data yang digunakan.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi studi berada di wilayah Sungai Gung Ungaran Timur. Adapun analisis dikhususkan di Sungai Gung sepanjang 9,79 km mulai dari hulu sungai di Desa Beji sampai dengan hilir di Desa Kalirejo Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang.

3.3 Data Penelitian

Data yang dipakai pada penelitian ini merupakan jenis data sekunder yang diperoleh dari sumber lain yang telah ada sebelumnya dan didapatkan secara tidak langsung dari objek yang diteliti.–Data yang diperlukan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan dari Pos Hujan Ungaran (SCH 65) yang berlokasi di kelurahan Genuk kecamatan Ungaran Barat dengan koordinat 7°81'41.00" LS, 110°24'15.00" BT. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang (PUSDATARU) Provinsi Jawa Tengah. Dengan durasi data 10 tahun. Data curah hujan digunakan untuk :

- Perhitungan hujan rancangan
- Perhitungan debit banjir rencana

3.3.2 Data Peta Topografi

Peta topografi berupa Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang menampilkan sebagian unsur-unsur alam dan buatan manusia yang berada di wilayah Indonesia. Komponen mendasar yang dijumpai dalam Peta RBI antara lain hidrografi berupa sungai, hipsografi (menunjukkan elevasi atau ketinggian suatu daerah), bangunan dan fasilitas umum, transportasi dan utilitas, dan batas administrasi sebagai peta dasar untuk aplikasi web berbasis sistem informasi geografis. Lembaga yang berwenang mengeluarkan Peta RBI ini adalah Badan Informasi Geospasial .

- Data topografi berupa kontur, yang digunakan untuk penggambaran DAS lokasi studi. Data diperoleh dari Website <http://tanahair.indonesia.go.id>

- Data pengukuran sungai di peroleh dari Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Kabupaten Semarang.

3.3.3 Data Penggunaan Lahan

- Peta Tata Guna Lahan berupa citra satelit diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Semarang.

3.4 Alat Penelitian

Alat Penelitian yang digunakan adalah perangkat lunak atau *software* yang berfungsi untuk mengolah dan menganalisis data. Dalam hal ini alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

3.4.1 Google Earth

Google Earth adalah sebuah program globe virtual yang memetakan Bumi dari citra satelit dan memungkinkan pengguna untuk melihat gambar permukaan Bumi, peta, tanah lapang, dan bangunan 3D dari puncak gunung hingga lembah laut. *Google Earth* dapat digunakan untuk menampilkan citra satelit dan medan 3D untuk daerah tertentu.

3.4.2 Program ArcGIS

Program *ArcGIS* merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi sebagai Sistem Informasi Geografis, yang dikembangkan oleh *ESRI*. Program ini berfungsi untuk menghimpun, menyimpan, dan menganalisis berbagai fenomena atau objek geografis di bumi.

3.4.3 Autodesk Civil 3 D

Autodesk Civil 3D adalah perangkat lunak desain dan dokumentasi infrastruktur sipil yang komprehensif. Berikut ini adalah beberapa fungsionalitas dari *Civil 3D* :

- membantu para profesional infrastruktur sipil meningkatkan penyelesaian proyek, analisa data dan proses yang lebih konsisten.
- menyediakan berbagai alat analisis dan simulasi, termasuk analisis jalan, analisis saluran, analisis permukaan, dan analisis volume
- menyediakan alat dokumentasi yang kuat, termasuk alat pembuatan rencana, profil, dan potongan, serta alat perhitungan kuantitas
- dapat terhubung dengan berbagai sumber daya lain, seperti data survei, data geospasial, dan data CAD, untuk memperluas fungsionalitasnya.

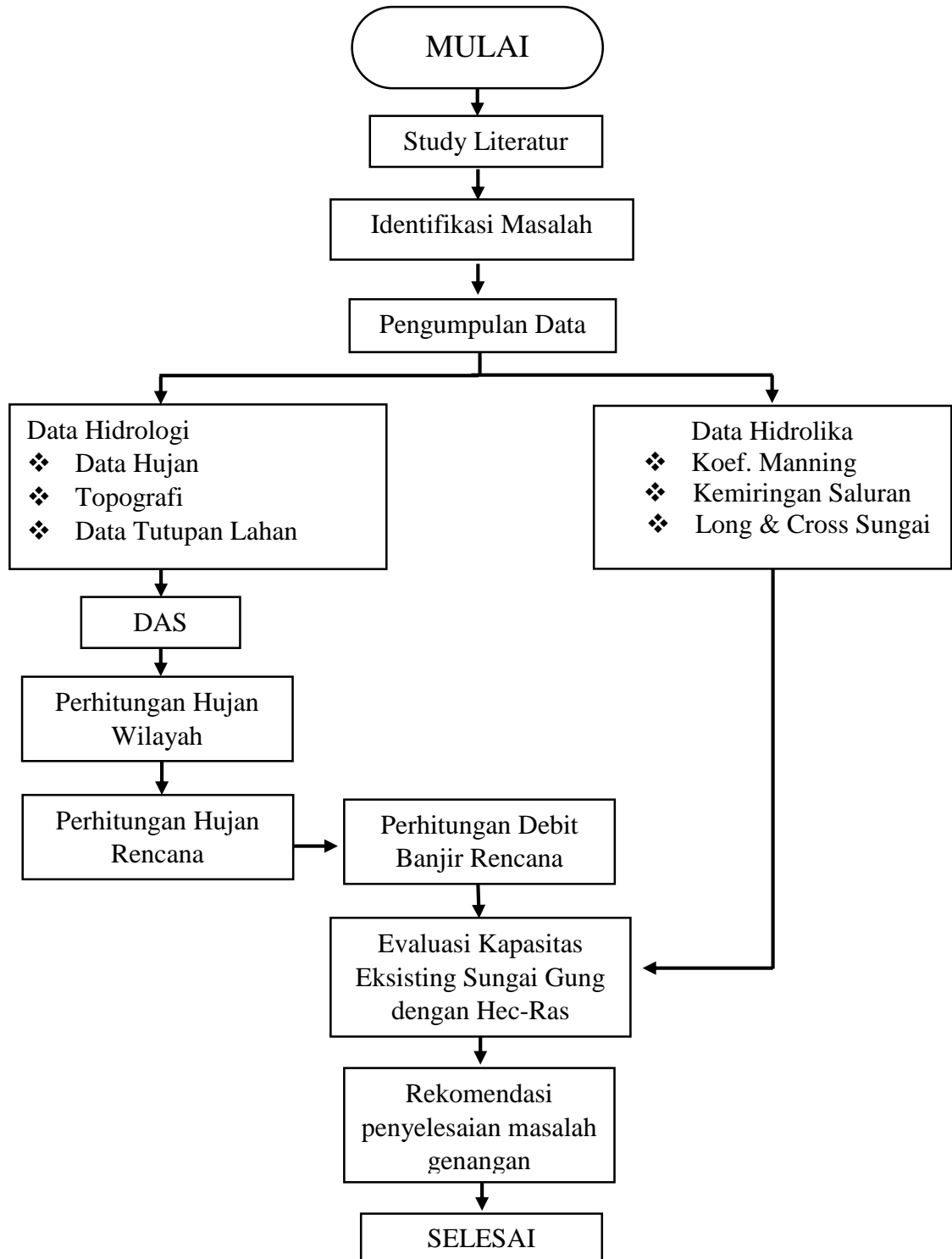
3.5 Tahapan Analisis

➤ **Analisa Hidrologi** : Untuk mengetahui besarnya debit banjir rancangan, maka terlebih dahulu harus diketahui debit hujan rencana dengan berpedoman kepada luas daerah pengaliran (DAS), tata guna lahan dan karakteristik dari daerah pengaliran tersebut.

- Curah Hujan Rata-rata Daerah
- Analisa Curah Hujan Rencana :
 1. Analisa Distribusi Normal
 2. Analisa Distribusi Log Normal
 3. Analisa Distribusi Gumbel
 4. Analisa Distribusi Log Pearson Tipe III
- Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi
 1. Uji Chi Square
 2. Uji Smirnov – Kolmogorov
- Analisa Hidrograf Banjir Rancangan yang digunakan dalam studi ini adalah Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu.

➤ **Analisa Hidrolika** : Pada analisis hidrolika terdiri dari analisis penampang eksisting dengan menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui kondisi dari Sungai Gung saat ini. Dengan menggunakan HEC-RAS maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir. HEC-RAS akan menampilkan model dari Sungai Gung 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. Dari hasil muka air banjir rencana yang didapat akan diberikan rekomendasi perencanaan desain kolam retensi sebagai penanggulangan banjir di Jl MT Haryono Ungaran Timur

3.6 Tahapan Analisis



BAB IV

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

4.1 Identifikasi Masalah

Di Kabupaten Semarang tepatnya di wilayah Ungaran Timur, daerah yang dahulu merupakan daerah terbuka untuk resapan air sekarang ini berubah fungsi menjadi daerah pemukiman. Perubahan tata guna lahan yang terjadi di wilayah Ungaran Timur menyebabkan berkurangnya daya resap tanah dan terganggunya daerah aliran sungai Gung, sehingga aliran permukaan (runoff) menjadi semakin besar. Pada akhirnya kondisi inilah yang menyebabkan timbulnya genangan ketika musim hujan di beberapa lokasi karena debit limpasan yang ada sudah tidak dapat lagi tertampung oleh kapasitas saluran. Setiap hujan turun dengan intensitas yang cukup tinggi, sering terjadi banjir di kawasan Jalan MT Haryono, Ungaran Timur. Banjir merendam beberapa kawasan Ungaran Timur setelah hujan dengan intensitas tinggi mengguyur selama kurang lebih 2 jam. Banjir yang diakibatkan meluapnya sungai Gung tersebut menggenangi jalan dan pemukiman warga dengan kedalaman ± 50 cm.

4.2 Konsep Desain

Penanggulangan banjir pada Sungai Gung telah beberapa kali dilakukan oleh pemerintah daerah setempat. Dengan mempertimbangkan permasalahan dan kondisi existing sungai, dilakukan beberapa alternatif yang dapat digunakan dalam pengendalian banjir Sungai Gung antara lain berupa:

1. Normalisasi Sungai

Pada tahun 2021 Pemerintah Kabupaten Semarang, telah melakukan upaya normalisasi Sungai Gung, untuk mengatasi permasalahan genangan di lokasi jembatan JL. MT. Haryono, Kel. Kalirejo, Kec. Ungaran Timur, dengan upaya meperlebar badan sungai serta membuat *long storage* di wilayah administrasi Kelurahan Susukan Kec. Ungaran Timur. Namun pada awal tahun 2023 di lokasi jembatan JL. MT. Haryono, Kec. Ungaran Timur, sudah kembali terjadi genangan pada lokasi tersebut.



Gambar 4. 1 Dokumentasi Banjir tahun 2023 dan tahun 2024

2. Sudetan / Pelurusan Alur Sungai

Pada saat dilakukan normalisasi pada tahun 2021 oleh Pemerintah Kabupaten Semarang, pernah diusulkan untuk dilakukan pelurusan alur Sungai Gung di belakang Perumahan Sidosari dengan trase seperti pada Gambar 4.2. Namun upaya pelurusan sungai tersebut tidak berhasil dilaksanakan karena terkendala pada pembebasan lahan. Kendala pembebasan lahan ini disebabkan oleh tidak terjadinya kesepakatan dengan pemilik lahan untuk pelurusan alur sungai.



Gambar 4. 2 Rencana Sudetan

3. Kolam Retensi

Perencanaan kolam retensi merupakan langkah strategis yang bisa dipertimbangkan, selain berfungsi untuk mengendalikan debit juga dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain seperti konservasi air. Selain itu kolam retensi

dapat dijadikan rekomendasi dalam pengendalian banjir pada Sungai Gung dikarenakan pada lokasi terdapat area seluas 2,2 Ha yang masih berupa lahan terbuka dan status lahan merupakan tanah milik Pemerintah Kabupaten Semarang. Serta untuk Operasional dan Pemeliharaan sudah tersedianya akses jalan menuju rencana kolam retensi.

Pada Sungai Gung, perbaikan sungai sulit dilakukan karena terdapat beberapa titik persilangan dengan jembatan yang menjadi titik bottle neck. Dengan perencanaan dan pelaksanaan tata guna lahan yang baik, kolam penampungan dapat digunakan secara maksimal sebagai penanggulangan banjir. Untuk strategi pengendalian yang andal diperlukan:

- Pengontrolan yang memadai untuk menjamin ketepatan peramalan banjir
- Peramalan banjir yang andal dan tepat waktu untuk perlindungan atau evakuasi
- Sistem drainase yang baik untuk mengosongkan air dari daerah tampungan secepatnya setelah banjir surut.

Maka dari itu dalam penyusunan perencanaan kolam retensi sebagai sistem pengendalian banjir ini perlu adanya evaluasi dan analisis hidrologi lebih lanjut.

4.3 Analisa Hidrologi

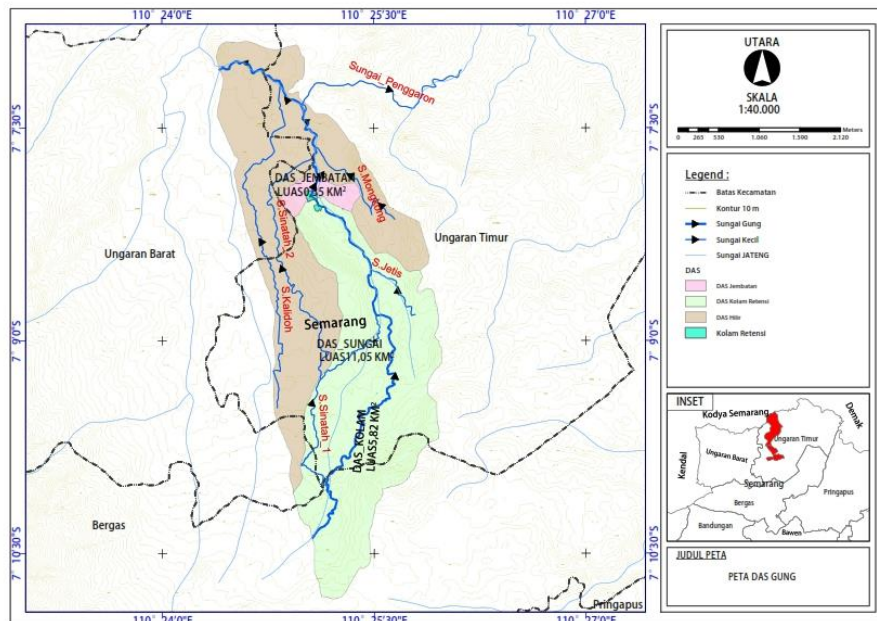
Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan – bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran – besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik yang akan direnakan dalam hal ini yaitu bangunan kolam retensi. Ukuran dan karakter bangunan kolam retensi sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi.

Adapun langkah – langkah yang digunakan dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
2. Menentukan luas pengaruh daerah stasiun – stasiun hujan.
3. Menentukan debit harian maksimum dari data debit harian yang ada.
4. Menghitung debit banjir rencana berdasarkan besarnya debit harian maksimum di atas pada periode ulang T tahun.

4.3.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai

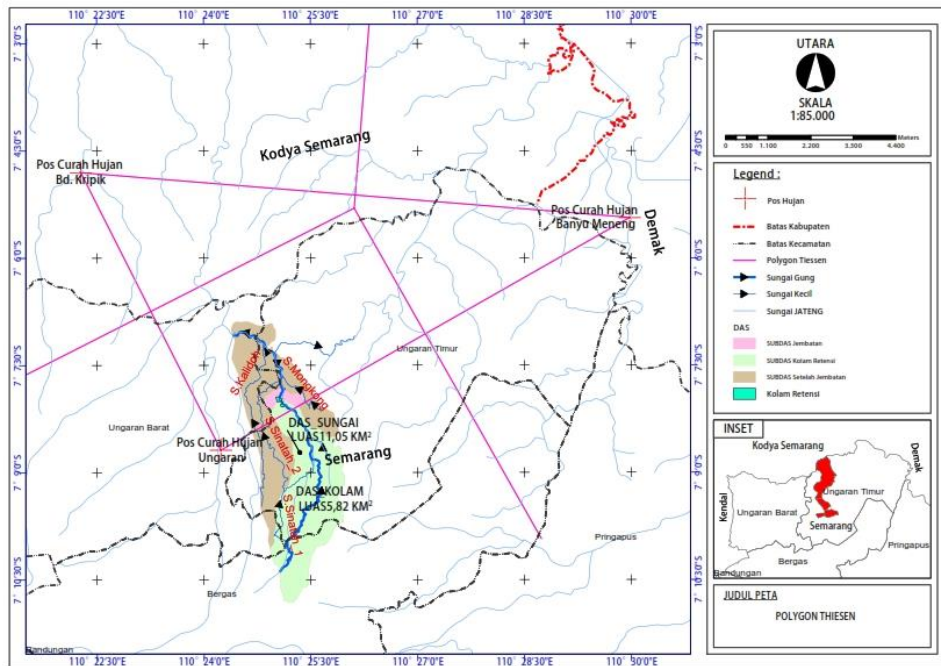
Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan berdasar pada rupa peta bumi Daerah Aliran Sungai (DAS) Gung berdasar peta tersebut mempunyai luasan sebesar 11,051 Km² dengan rencana lokasi studi berada pada Sungai Gung Kecamatan Ungaran Timur Kabupaten Semarang. Penentuan luasan ini dengan menggunakan program ArcGis . Pembagian DAS dibedakan menjadi 3 antara lain DAS pada titik kolam retensi, titik jembatan JL MT Haryono dan titik pertemuan dengan Sungai Garang. Gambar DAS Sungai Gung dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4. 3 DAS Gung

4.3.2 Curah Hujan Maksimum Harian Rata – rata Daerah Aliran Sungai

Besarnya curah hujan maksimum harian rata – rata DAS dihitung dengan metode *Thiessen*, di mana pada metode ini mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Penggunaan metode *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini. Stasiun curah hujan yang terdapat pada DAS Sungai Gung ada 3 stasiun curah hujan yaitu Stasiun Curah Hujan Ungaran, Stasiun Curah Hujan Bd. Kripik (Gunung Pati), Stasiun Curah Hujan Banyumeneng. Untuk mengetahui pengaruh masing-masing pos, dibuat polygon thiessen seperti ditampilkan pada **Gambar 4.4**. Dari polygon tersebut dapat dilihat bahwa stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Sungai Gung hanya Stasiun Hujan Ungaran. Oleh karena itu perhitungan hidrologi pada studi ini hanya memakai satu stasiun curah hujan yaitu stasiun hujan Ungaran.



Gambar 4. 4 Luas pengaruh stasiun hujan Metode Poligon Thiessen

Cara yang ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata – rata DAS adalah sebagai berikut:

- Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu pada pos hujan.
- Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.

Dari hasil rata – rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan. Dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut.

Tabel 4. 1 Debit Harian Maksimum DAS Gung

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Harian Maksimum
		(mm)
2007	30 Desember 2007	68,00
2008	30 Januari 2008	150,50
2009	11 Januari 2009	166,50
2010	11 Januari 2010	89,00
2011	01 Januari 2011	105,00
2012	18 Desember 2012	113,00

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Harian Maksimum
		(mm)
2013	12 Desember 2013	151,00
2014	6 Juli 2014	130,00
2015	4 Maret 2015	103,00
2016	5 Januari 2016	112,00

4.3.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan rencana

Dari hasil penentuan debit harian maksimum diatas perlu ditentukan kemungkinan terulangnya debit harian maksimum guna menentukan debit banjir rencana.

1. Pengukuran Distribusi

Tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata – ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau kecil dari nilai rata – ratanya. Besarnya dispersi dilakukan dengan pengukuran dispersi, yakni melalui perhitungan parametik statistik untuk $(X_i - X_{rt})$, $(X_i - X_{rt})^2$, $(X_i - X_{rt})^3$, $(X_i - X_{rt})^4$ terlebih dahulu.

Dimana :

X_i = Besarnya curah hujan DAS (mm)

X_{rt} = Rata – rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Macam – macam pengukuran dispersi antara lain sebagai berikut :

- Standart Deviasi (S)
- Koefisien Skewness (Cs)
- Koefisien Kurtois (Ck)
- Koefisien Variasi (Cv)

Tabel 4.2 menunjukkan beberapa parameter yang menjadi syarat penggunaan suatu metode sebaran. Dari tabel tersebut ditunjukkan beberapa nilai Cs, Cv, dan Ck yang menjadi persyaratan dari penggunaan jenis metode sebaran. Hasil perhitungan distribusi hujan dengan metode distribusi Gumbel, Normal, Log normal, dan Log person Tipe III.

Tabel 4. 2 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Metode Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel

No	Tahun	Xi	$(Xi - Xrt)$	$(Xi - Xrt)^2$	$(Xi - Xrt)^3$	$(Xi - Xrt)^4$
		(mm)				
1	2007	68,00	-51	2581	-131097	6659703
2	2008	150,50	32	1005	31855	1009804
3	2009	166,50	48	2275	108531	5176945
4	2010	89,00	-30	888	-26464	788615
5	2011	105,00	-14	190	-2628	36267
6	2012	113,00	-6	34	-195	1132
7	2013	151,00	32	1037	33386	1075037
8	2014	130,00	11	125	1405	15735
9	2015	103,00	-16	250	-3944	62320
10	2016	112,00	-7	46	-314	2138
Jumlah		1188,0	0	8431	10535	14827696
Rata-Rata (Xrt)		118,80				
S		30,61				
Cv		0,26				
Cs		0,01				
Ck		3,35				
Max		166,50				
Min		68,00				

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 3 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Metode Distribusi Log Person Tipe III dan Log Normal

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi	(Log Xi	(Log Xi -	(Log Xi
		(mm)	(mm)	- Xrt)	- Xrt) ²	Xrt) ³	- Xrt) ⁴
1	2007	68,00	1,83	-0,23	0,05	-0,01	0,00
2	2008	150,50	2,18	0,12	0,01	0,00	0,00
3	2009	166,50	2,22	0,16	0,03	0,00	0,00
4	2010	89,00	1,95	-0,11	0,01	0,00	0,00
5	2011	105,00	2,02	-0,04	0,00	0,00	0,00
6	2012	113,00	2,05	-0,01	0,00	0,00	0,00
7	2013	151,00	2,18	0,12	0,01	0,00	0,00
8	2014	130,00	2,11	0,05	0,00	0,00	0,00
9	2015	103,00	2,01	-0,05	0,00	0,00	0,00
10	2016	112,00	2,05	-0,01	0,00	0,00	0,00
Jumlah Log Xi			20,61	0,00	0,12	-0,01	0,00
Rata-Rata (Log Xrt)			2,06				
S			0,12				
Cv			0,06				
Cs			-0,51				
si			0,01				
Ck			4,06				
Max Log			2,22				
Min Log			1,83				

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

2. Perhitungan Parameter Statistik Dalam Nilai Logaritma

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh nilai :

a) Curah Hujan Rata – rata (Log Xrt) :

$$\begin{aligned}
 \log Xi &= \sqrt{\frac{\sum \log Xi}{n}} \\
 &= 20,61/10 \\
 &= 2,06
 \end{aligned}$$

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNRARIS IV - 8

b) Simpangan Baku (S):

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\log Xi - \log Xrt)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,1248}{9}}$$

$$= 0,11776 \Rightarrow 0.12$$

c) Koefisien Kepencengan (Cs):

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

$$= \frac{10 \times -0}{(10-1) \times (10-2) \times (0.118)^3} 10 \times -0,00599$$

$$(10-1) \times (10-2) \times (0.118)^3$$

$$= -0,5102$$

Dari parameter statistik setelah itu dapat dilakukan pemilihan jenis analisis yang digunakan sebagai pembanding persyaratan dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Analisa Frekuensi

Distribusi	Normal	Gumbel	Log Normal	Log Person III
Parameter	Cs ≈ 0	Cs ≈ 1,14	Cs ≈ 1,1396	Cs ≠ 0
	Ck ≈ 3	Ck ≈ 5,54	Ck ≈ 5,54	Cv ≈ 0,3
Hasil	0,01	0,01	-0,51	-0,51
	3,35	3,35	4,06	0,06
Keterangan	Tidak Mendekati	Tidak Mendekati	Tidak Mendekati	Mendekati

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

3. Pemilihan Jenis Distribusi

Dari keempat metode yang digunakan diatas yang paling mendekati adalah metode sebaran Distribusi Log Person Type III dengan nilai Cs = -0,51 mendekati persyaratan Cs ≠ 0 dan nilai Cv = 0,06 mendekati persyaratan Ck ≈ 0,3.

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNRARIS IV - 9

Dari jenis sebaran yang telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan sebarannya dengan beberapa metode. Hasil uji kecocokan sebaran menunjukkan sebarannya dapat diterima atau tidak.

4. Uji Kecocokan Sebaran

a. Uji sebaran Chi – Kuadrat (*Chi – Square Test*)

Tujuan dari uji chi – kuadrat adalah untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis dan digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal. Apakah distribusi pengamatan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $X^2 < X^2_{Cr}$. Harga X^2_{Cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikansi α dengan derajat kebebasan (*level of significant*).

Tabel 4. 5 Uji Kecocokan Dengan Chi – Kuadrat

n	Banyak data	=	10
k	Jumlah kelas = $1+3,322\text{Log } n$	=	4.322
	Diambil (Dibulatkan)	=	5
R	banyak parameter	=	2
Dk	$K - (R+1)$	=	2
Ef	n/K	=	2
DX	$(\max \text{Log } X_i - \min \text{Log } X_i)/K$	=	0.08

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Tabel 4. 6 Uji Kesesuaian Distribusi Metode Chi – Kuadrat

Probalitas	O _i	E _i	(O _i -E _i)	$X^2 = ((O_i - E_i)^2) / E_i$
1.83 < P < 1.91	1	2	-1	0.5
1.91 < P < 1.99	1	2	-1	0.5
1.99 < P < 2.07	4	2	2	2
2.07 < P < 2.14	1	2	-1	0.5
2.14 < P < 2.22	3	2	1	0.5
Jumlah	10			4

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Dari hasil perhitungan didapat nilai $X^2 = 4$. Nilai ini lebih kecil apabila dibandingkan dengan nilai X^2 kritis yang ditunjukkan oleh **Tabel 2.8** pada Bab II yaitu dengan derajat kebebasan (DK) sebesar = 2 maka didapatkan nilai kritis $X^2_{Kritis} = 5,991$ $X^2_{hitung} < X^2_{Kritis} = 4 < 5,991 \rightarrow$ diterima.

b. Uji sebaran Smirnov – Kolmogorov

Hasil perhitungan uji kecocokan sebaran dengan Smirnov – Kolmogorov untuk metode Log Person Tipe III dapat dilihat pada **Tabel 4.7** berikut

Tabel 4. 7 Perhitungan uji sebaran Smirnov – Kolmogorov

Rmax	m	P (X)	P (X<)	(Xi - Xrt)/s	P (X)	P (X<)	D
1	2	3=m/(n+1)	4=1-3	5	6=m/(n-1)	7=1-6	8=4-7
2.22	1	0.09	2.13	1.36	0.11	2.11	0.02
2.18	2	0.18	2.00	1.00	0.22	1.96	0.04
2.18	3	0.27	1.90	0.99	0.33	1.84	0.06
2.11	4	0.36	1.75	0.45	0.44	1.67	0.08
2.05	5	0.45	1.60	-0.07	0.56	1.50	0.10
2.05	6	0.55	1.50	-0.10	0.67	1.38	0.12
2.02	7	0.64	1.38	-0.34	0.78	1.24	0.14
2.01	8	0.73	1.29	-0.41	0.89	1.12	0.16
1.95	9	0.82	1.13	-0.95	1.00	0.95	0.18
1.83	10	0.91	0.92	-1.94	1.11	0.72	0.20

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Dmax :	0.202
D0 :	0.410
Log Xrt	2.06
S	0.12

Dari perhitungan nilai D menunjukkan nilai Dmax = 0,202 untuk data pada peringkat m = 10. Dari **Tabel 4.7** pada bab II, untuk derajat kepercayaan 0,5, maka diperoleh D0 = 0,410 untuk n = 10. Karena nilai Dmax lebih kecil dari nilai D0 kritis (0,202 < 0,410), maka persamaan distribusi yang diperoleh dapat diterima.

c. Perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Person Tipe III

Menghitung curah hujan Metode Log Person III dengan persamaan 2.13 pada bab II.

Log Xrt = Hujan periode ulang T tahun = 2,06

S = Standar deviasi = 0,12

Cs = Koefisien Skewness = -0,51

k = Koefisien sebaran

Tabel 4. 8 Nilai K Distribusi Log Person Tipe III

Cs	Periode	K
	Ulang (th)	
-0.51	2	0.083
	5	0.856
	10	1.216
	25	1.567
	50	1.777
	100	1.955

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Tabel 4. 9 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Person Tipe III Untuk Periode Ulang T Tahun

No	T	Xrt	S	K	Log Xt	Xt
	(tahun)	(mm)			(mm)	(mm)
1	2	2.06	0.12	0.08	2.07	117.70
2	5	2.06	0.12	0.86	2.16	145.15
3	10	2.06	0.12	1.22	2.20	160,03
4	25	2.06	0.12	1.57	2.25	176,01
5	50	2.06	0.12	1.78	2.27	186.32
6	100	2.06	0.12	1.96	2.29	195.54

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Keterangan :

T = Tahun rancangan

S = Standar deviasi

K = Lihat Tabel Hubungan Cs dengan kala ulang (Tr)

Log Xt = $Xrt + (s \times k)$

Xt = Curah hujan rancangan Metode Log Person Tipe III

4.3.4 Distribusi Hujan Jam Jaman

Dalam perhitungan ini, perhitungan kemungkinan curah hujan tiap jamnya dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe (*Suyono, 1989*). Untuk perhitungan ini menggunakan data jam – jaman dan menggunakan nilai t, tetapi karena tidak ada diambil nilai t = 6 jam, maka digunakan rumus :

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNRARIS IV - 12

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \times \left(\frac{6}{T}\right)^{2/3}$$

Dimana :

R_t = Intensitas hujan rata – rata dalam T jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam satu hari (mm)

T = Waktu mulai hujan (jam)

t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

(Untuk Indonesia t = 6 jam)

Tabel 4. 10 Perhitungan Sebaran Hujan Jam – Jaman

No.	T (jam)	Rt (mm/jam)
A.	1	0.5503 R_{24}
B.	2	0.3467 R_{24}
C.	3	0.2646 R_{24}
D.	4	0.2184 R_{24}
E.	5	0.1882 R_{24}
F.	6	0.1667 R_{24}

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Maka untuk $R_{24} = 100\%$ di dapatkan hubungan waktu hujan dengan ratio jam ke t yaitu dengan persamaan :

$$R_t = (t \cdot R_t) - (t - 1) \cdot (R_t \cdot 1)$$

Dimana :

R_t = Intensitas hujan rata – rata dalam T jam (mm/jam)

t = Waktu konsentrasi hujan (jam)

Tabel 4. 11 Distribusi Hujan Jam – Jaman

No.	t (jam)	Rt
A.	1	0.55032
B.	2	0.14304
C.	3	0.10034
D.	4	0.07988
E.	5	0.06746
F.	6	0.05896

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

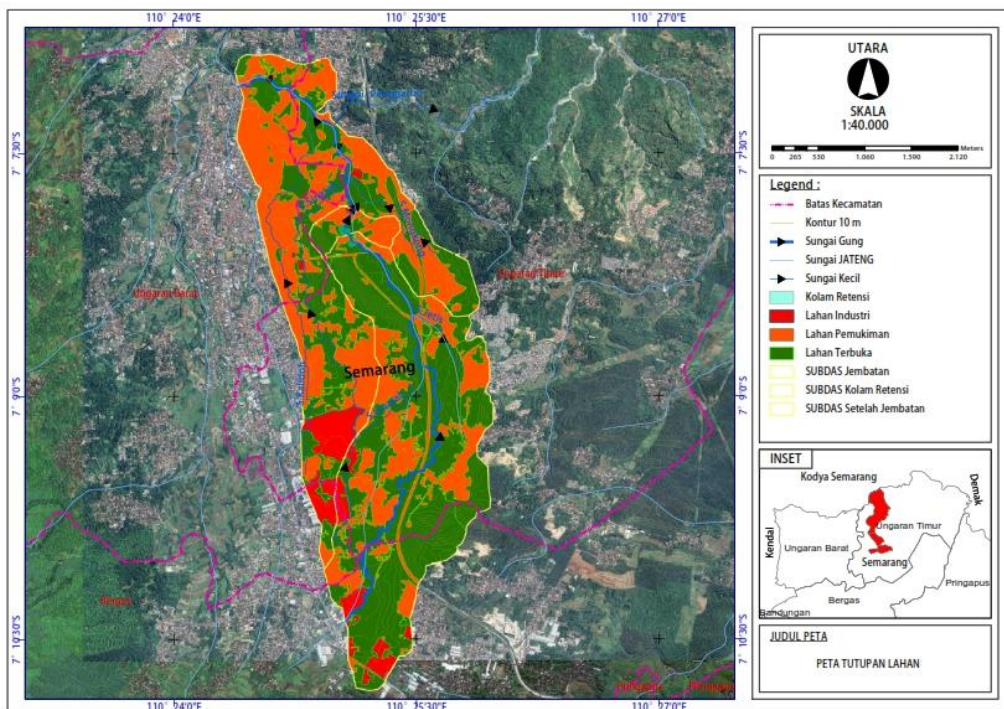
4.3.5 Hujan Efektif

Berdasarkan pada hasil perhitungan hujan rencana dengan metode Log Person Type III dan perhitungan distribusi hujan jam – jaman, maka dapat dihitung hujan efektif dengan menggunakan persamaan :

$$R_n = C \cdot R$$

Curah hujan rancangan 10 tahun = 160,03

Koefisien pengaliran = 0,53 Dengan:



Gambar 4. 5 Peta Tutupan Lahan Pada Das Gung

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Tutupan Lahan Pada Das Gung

Keterangan	Luas (A) (Km2)	Koef (K)	(A) x (K)	
terbuka	5.59139	0.525	2.93548	
perumahan	4.78899	0.5	2.394496	
Taman	0.028922	0.4	0.011569	
industri	0.640697	0.75	0.480523	C
Jumlah	11.05		5.822067	0.526884

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Maka :

Curah hujan efektif = 160,03 x 0,53 = 84,82

Curah hujan jam – jaman = 84,82 x 55 % = 46,68

Untuk hasil perhitungan hujan efektif dapat dilihat pada **Tabel 4.13**

Tabel 4. 13 Perhitungan Hujan Efektif

Waktu Hujan	Distribusi Jam	kala ulang	curah hujan rancangan	koef. Pengaliran	Hujan netto Rn
Jam	%	(tahun)	(mm)	(C)	(mm)
1	55%	2	117.70	0.53	62.38
2	14%	5	145.15	0.53	76.93
3	10%	10	160.03	0.53	84.82
4	8%	25	176.01	0.53	93.29
5	7%	50	186.32	0.53	98.75
6	6%	100	195.54	0.53	103.63

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Tabel 4. 14 Perhitungan Hujan Jam – jaman

t	Rt	hujan netto (Rn, mm) dengan kala ulang (tahun)					
		2	5	10	25	50	100
(jam)	(%)	62.38	76.93	84.82	93.29	98.75	103.63
Hujan netto jam-jaman = Rn x Rt							
1	55%	34.33	42.34	46.68	51.34	54.35	57.03
2	14%	8.92	11.00	12.13	13.34	14.13	14.82
3	10%	6.26	7.72	8.51	9.36	9.91	10.40
4	8%	4.98	6.15	6.78	7.45	7.89	8.28
5	7%	4.21	5.19	5.72	6.29	6.66	6.99
6	6%	3.68	4.54	5.00	5.50	5.82	6.11

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

4.3.6 Analisa Debit Banjir

Analisis debit banjir atau perhitungan yang memperkirakan beberapa besarnya debit banjir yang akan terjadi dalam berbagai periode ulang, dengan hasil yang dapat dilihat dari analisa data aliran sungai yang bersangkutan yaitu Daerah Aliran Sungai (DAS) Gung Kabupaten Semarang.

Dalam studi ini dipilih Metode Nakayasu untuk menghitung debit banjir rencana. Metode Nakayasu dapat menggambarkan hubungan antara debit dengan besarnya curah hujan untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam luas sampai 500 Ha. Debit banjir dapat dihitung berdasarkan parameter hujan dan karakteristik DAS, dengan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 1976) :

▪ **Perhitungan Debit Banjir Rencana pada DAS Gung Keseluruhan**

Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu yang pertama yaitu perhitungan debit banjir rencana pada DAS Gung keseluruhan yang digunakan untuk menganalisis genangan yang terjadi disepanjang Sungai Gung. Dalam perhitungan ini menggunakan data dan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Luas DAS (A)} = 11,05 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang Sungai Utama (L)} = 9,79 \text{ Km}$$

$$\text{Koefisien Pengaliran (C)} = 0,53$$

$$R_e = 1 \text{ mm (hujan satuan)}$$

Langkah perhitungan sebagai berikut ;

1. Menentukan nilai waktu konsentrasi (T_g). Karena $L < 15 \text{ Km}$ maka :

$$\begin{aligned} - \text{tg (time lag)} &= 0,21 + (L^{0,7}) \\ &= 0,21 + (9,79^{0,7}) \\ &= 1,04 \text{ Jam} \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai T_r yang nilainya $1 \times T_g$

$$\begin{aligned} - T_r &= 1 \times 1,04 \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai (T_p) dengan rumus

$$\begin{aligned} - T_p &= \text{tg} + 0,8 \cdot \text{tr} \\ &= 4,98 + (0,8 \times 0,52) \\ &= 1,867 \text{ Jam} \end{aligned}$$

4. Menentukan nilai $T_{0,3}$

$$\begin{aligned} - T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\ &= 3 \times 1,04 \\ &= 3,11 \text{ Jam} \end{aligned}$$

5. Mencari debit puncak (Q_p)

$$\begin{aligned} - Q_p &= \frac{A \times R_e}{3,6} : ((0,3 \times T_p) + T_{0,3}) \\ &= \frac{11,05 \times 1}{3,6} : ((0,3 \times 1,867) + 3,11) \\ &= 0,84 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$- T_p + T_{0,3} = 1,867 + 3,11$$

$$= 4,98 \text{ Jam}$$

$$- T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 1,867 + 3,11 + 4,67$$

$$= 9,64 \text{ Jam}$$

Menghitung unit hidrograf satuan banjir rancangan dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut :

1. Untuk lengkung naik dengan $0 \leq t \leq T_p = 0 \leq t \leq 1,867$

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

$$= 0,84 \left(\frac{1}{1,867}\right)^{2,4}$$

$$= 0,187 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

2. Untuk lengkung turun dengan $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) = 1,46 \leq t \leq 2,97$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right)$$

$$= 0,84 \times 0,3 \left(\frac{2-1,867}{3,11}\right)$$

$$= 0,794 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

3. Untuk lengkung turun kedua dengan $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = 2,97 \leq t \leq 5,25$

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p+(0,5.T_{0,3})}{(1,5T_{0,3})}\right)$$

$$= 0,84 \times 0,3 \left(\frac{(3-1,867)+(1,56)}{4,67}\right)$$

$$= 0,249 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

4. Untuk lengkung turun ketiga dengan $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t \geq 5,25$

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{(2T_{0,3})}\right)$$

$$= 0,84 \times 0,3 \left(\frac{(6-1,867)+(4,67)}{6,22}\right)$$

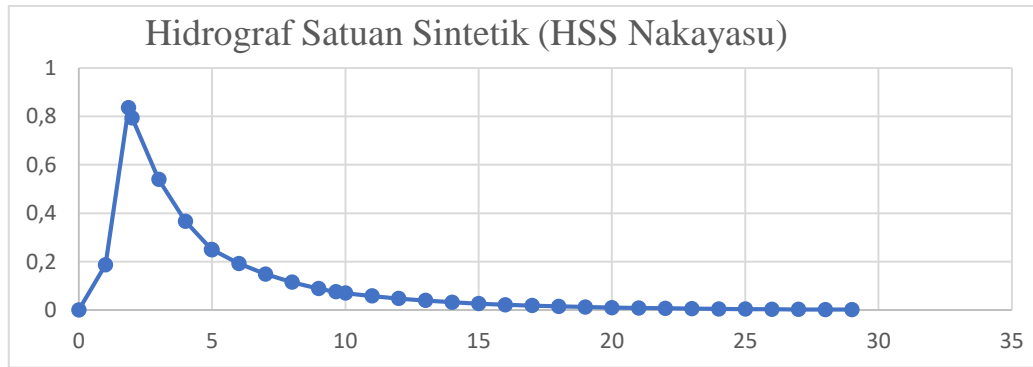
$$= 0,070 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Gung

t (Jam)	Q (Debit)	Keterangan
0	0	Qa
1	0.187	
1.87	0.836	
2	0.794	Qd1
3	0.539	
4	0.366	
4.98	0.251	
5	0.249	Qd2
6	0.193	
7	0.149	
8	0.115	
9	0.089	
9.64	0.075	
10	0.070	Qd3
11	0.058	
12	0.048	
13	0.039	
14	0.032	
15	0.027	
16	0.022	
17	0.018	
18	0.015	
19	0.012	
20	0.010	
21	0.008	
22	0.007	
23	0.006	
24	0.005	
25	0.004	
26	0.003	
27	0.003	
28	0.002	
29	0.002	

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

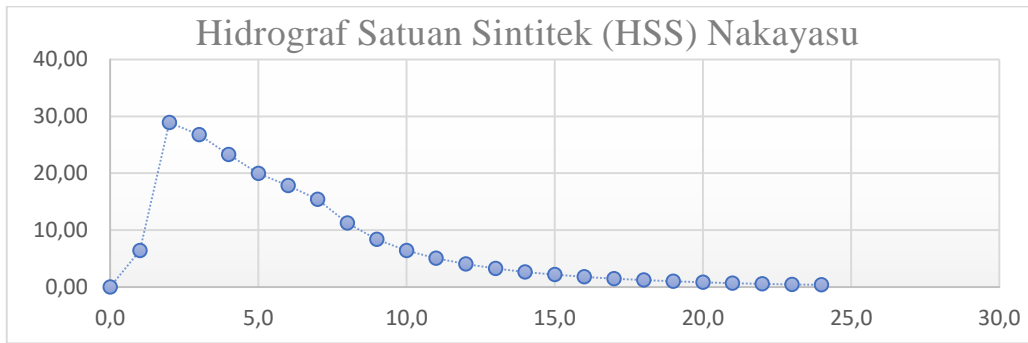


Gambar 4. 6 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Gung
Tabel 4. 16 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakyasu Periode Ulang 2 Tahun

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		34.33	8.92	6.26	4.98	4.21	3.68		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.0	0.00	0.00						0.00	
1.0	0.19	6.42	0.00					6.42	
2.0	0.79	27.26	1.67	0.00				28.93	
3.0	0.54	18.51	7.09	1.17	0.00			26.77	
4.0	0.37	12.57	4.81	4.97	0.93	0.00		23.29	
5.0	0.25	8.56	3.27	3.38	3.96	0.79	0.00	19.95	
6.0	0.19	6.61	2.23	2.29	2.69	3.34	0.69	17.85	
7.0	0.15	5.11	1.72	1.56	1.82	2.27	2.92	15.41	
8.0	0.12	3.95	1.33	1.21	1.24	1.54	1.98	11.25	
9.0	0.09	3.05	1.03	0.93	0.96	1.05	1.35	8.36	
10.0	0.07	2.41	0.79	0.72	0.74	0.81	0.92	6.39	
11.0	0.06	1.99	0.63	0.56	0.57	0.63	0.71	5.08	
12.0	0.05	1.64	0.52	0.44	0.44	0.48	0.55	4.07	
13.0	0.04	1.35	0.43	0.36	0.35	0.37	0.42	3.28	
14.0	0.03	1.11	0.35	0.30	0.29	0.30	0.33	2.67	
15.0	0.03	0.92	0.29	0.25	0.24	0.24	0.26	2.19	
16.0	0.02	0.76	0.24	0.20	0.20	0.20	0.21	1.81	
17.0	0.02	0.62	0.20	0.17	0.16	0.17	0.18	1.49	
18.0	0.01	0.51	0.16	0.14	0.13	0.14	0.14	1.23	
19.0	0.01	0.42	0.13	0.11	0.11	0.11	0.12	1.01	
20.0	0.01	0.35	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.83	
21.0	0.01	0.29	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.69	
22.0	0.01	0.24	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.57	
23.0	0.01	0.19	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.47	
24.0	0.00	0.16	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.38	
		Debit Maksimal							28.93

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 2 tahun pada DAS Gung ialah 28,93 m³/det.



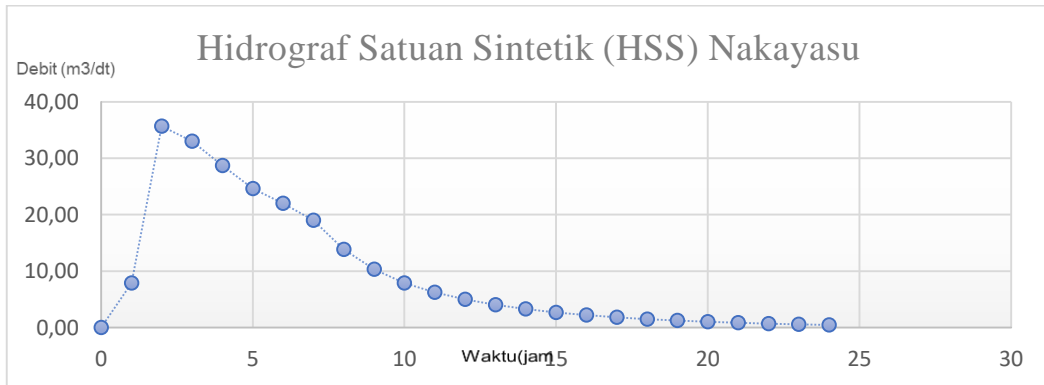
Gambar 4. 7 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 2 Tahun DAS Gung

Tabel 4. 17 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Gung

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		42.335	11.004	7.719	6.145	5.189	4.536		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0	0.00	0.00						0.00	
1	0.19	7.92	0.00					7.92	
2.0	0.79	33.62	2.06	0.00				35.67	
3.0	0.54	22.83	8.74	1.44	0.00			33.01	
4.0	0.37	15.50	5.93	6.13	1.15	0.00		28.71	
5.0	0.25	10.56	4.03	4.16	4.88	0.97	0.00	24.60	
6.0	0.19	8.16	2.74	2.83	3.31	4.12	0.85	22.01	
7.0	0.15	6.30	2.12	1.93	2.25	2.80	3.60	19.00	
8.0	0.12	4.87	1.64	1.49	1.53	1.90	2.45	13.87	
9.0	0.09	3.76	1.27	1.15	1.18	1.29	1.66	10.32	
10.0	0.07	2.97	0.98	0.89	0.91	1.00	1.13	7.89	
11.0	0.06	2.45	0.77	0.69	0.71	0.77	0.87	6.26	
12.0	0.05	2.02	0.64	0.54	0.55	0.60	0.68	5.02	
13.0	0.04	1.66	0.52	0.45	0.43	0.46	0.52	4.05	
14.0	0.03	1.37	0.43	0.37	0.36	0.36	0.40	3.30	
15.0	0.03	1.13	0.36	0.30	0.29	0.30	0.32	2.70	
16.0	0.02	0.93	0.29	0.25	0.24	0.25	0.26	2.23	
17.0	0.02	0.77	0.24	0.21	0.20	0.20	0.22	1.83	
18.0	0.01	0.63	0.20	0.17	0.16	0.17	0.18	1.51	
19.0	0.01	0.52	0.16	0.14	0.14	0.14	0.15	1.25	
20.0	0.01	0.43	0.14	0.12	0.11	0.11	0.12	1.03	
21.0	0.01	0.35	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.85	
22.0	0.01	0.29	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.70	
23.0	0.01	0.24	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.57	
24.0	0.00	0.20	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.47	
		Debit Maksimal							35.67

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 5 tahun pada DAS Gung ialah 35,67 m³/det



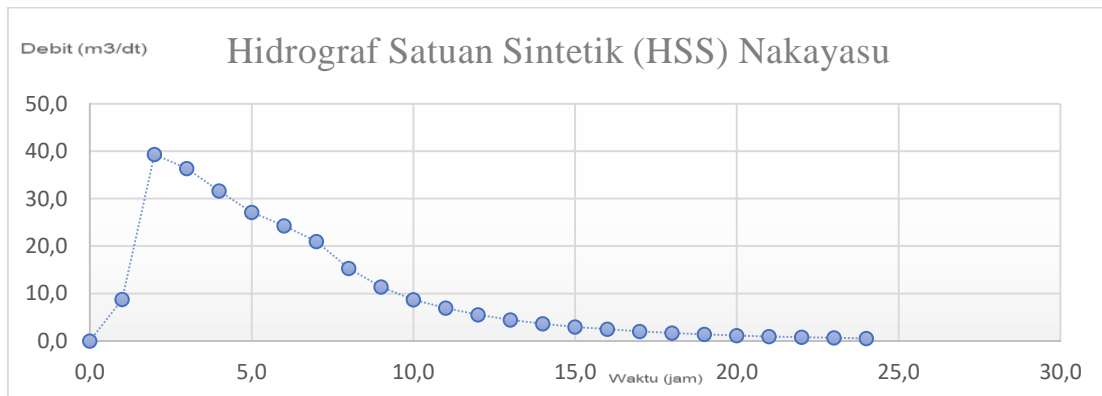
Gambar 4. 8 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun DAS Gung

Tabel 4. 18 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Uang 10 Tahun DAS Gung

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		46.68	12.13	8.51	6.78	5.72	5.00		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.0	0.19	8.73	0.00					8.73	
2.0	0.79	37.06	2.27	0.00				39.33	
3.0	0.54	25.17	9.63	1.59	0.00			36.39	
4.0	0.37	17.09	6.54	6.76	1.27	0.00		31.66	
5.0	0.25	11.64	4.44	4.59	5.38	1.07	0.00	27.12	
6.0	0.19	8.99	3.03	3.12	3.65	4.54	0.94	24.27	
7.0	0.15	6.95	2.34	2.12	2.48	3.09	3.97	20.95	
8.0	0.12	5.37	1.81	1.64	1.69	2.10	2.70	15.30	
9.0	0.09	4.15	1.40	1.27	1.31	1.43	1.83	11.37	
10.0	0.07	3.28	1.08	0.98	1.01	1.10	1.25	8.69	
11.0	0.06	2.70	0.85	0.76	0.78	0.85	0.96	6.90	
12.0	0.05	2.23	0.70	0.60	0.60	0.66	0.74	5.53	
13.0	0.04	1.83	0.58	0.49	0.48	0.51	0.58	4.47	
14.0	0.03	1.51	0.48	0.41	0.39	0.40	0.44	3.63	
15.0	0.03	1.25	0.39	0.33	0.32	0.33	0.35	2.98	
16.0	0.02	1.03	0.32	0.28	0.27	0.27	0.29	2.45	
17.0	0.02	0.85	0.27	0.23	0.22	0.22	0.24	2.02	
18.0	0.01	0.70	0.22	0.19	0.18	0.19	0.20	1.67	
19.0	0.01	0.57	0.18	0.15	0.15	0.15	0.16	1.37	
20.0	0.01	0.47	0.15	0.13	0.12	0.13	0.13	1.13	
21.0	0.01	0.39	0.12	0.10	0.10	0.10	0.11	0.93	
22.0	0.01	0.32	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.77	
23.0	0.01	0.26	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.63	
24.0	0.00	0.22	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.52	
		Debit Maksimal							39.33

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 10 tahun pada DAS Gung ialah 39,33 m³/det



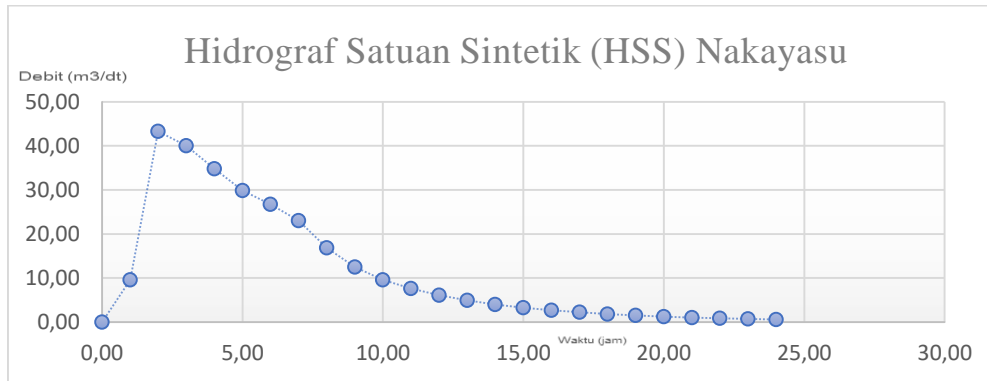
Gambar 4. 9 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun DAS Gung

Tabel 4. 19 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Gung

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		51.34	13.34	9.36	7.45	6.29	5.50		
Jam	m³/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m³/det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.00	0.19	9.60	0.00					9.60	
2.00	0.79	40.77	2.49	0.00				43.26	
3.00	0.54	27.68	10.60	1.75	0.00			40.03	
4.00	0.37	18.80	7.20	7.43	1.39	0.00		34.82	
5.00	0.25	12.80	4.89	5.05	5.92	1.18	0.00	29.83	
6.00	0.19	9.89	3.33	3.43	4.02	5.00	1.03	26.69	
7.00	0.15	7.64	2.57	2.33	2.73	3.39	4.37	23.04	
8.00	0.12	5.90	1.99	1.80	1.86	2.30	2.97	16.82	
9.00	0.09	4.56	1.53	1.39	1.44	1.57	2.01	12.51	
10.00	0.07	3.61	1.19	1.08	1.11	1.21	1.37	9.56	
11.00	0.06	2.97	0.94	0.83	0.86	0.94	1.06	7.59	
12.00	0.05	2.45	0.77	0.66	0.66	0.72	0.82	6.08	
13.00	0.04	2.02	0.64	0.54	0.52	0.56	0.63	4.91	
14.00	0.03	1.66	0.52	0.45	0.43	0.44	0.49	4.00	
15.00	0.03	1.37	0.43	0.37	0.36	0.36	0.39	3.28	
16.00	0.02	1.13	0.36	0.30	0.29	0.30	0.32	2.70	
17.00	0.02	0.93	0.29	0.25	0.24	0.25	0.26	2.23	
18.00	0.01	0.77	0.24	0.21	0.20	0.20	0.22	1.83	
19.00	0.01	0.63	0.20	0.17	0.16	0.17	0.18	1.51	
20.00	0.01	0.52	0.16	0.14	0.14	0.14	0.15	1.25	
21.00	0.01	0.43	0.14	0.12	0.11	0.11	0.12	1.03	
22.00	0.01	0.35	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.85	
23.00	0.01	0.29	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.70	
24.00	0.00	0.24	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.57	
		Debit Maksimal							43.26

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 25 tahun pada DAS Gung ialah 43,26 m³/det



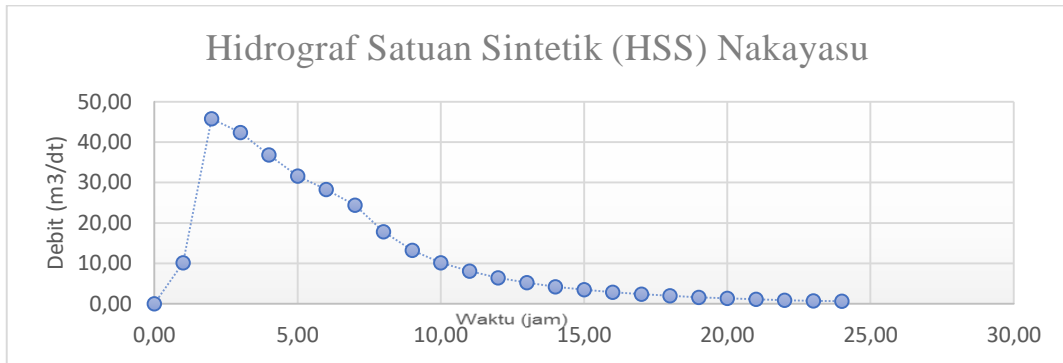
Gambar 4. 10 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun DAS Gung

Tabel 4. 20 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Gung

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		54.35	14.13	9.91	7.89	6.66	5.82		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.00	0.19	10.16	0.00					10.16	
2.00	0.79	43.15	2.64	0.00				45.80	
3.00	0.54	29.30	11.22	1.85	0.00			42.37	
4.00	0.37	19.90	7.62	7.87	1.47	0.00		36.86	
5.00	0.25	13.55	5.17	5.34	6.26	1.25	0.00	31.58	
6.00	0.19	10.47	3.52	3.63	4.25	5.29	1.09	28.25	
7.00	0.15	8.09	2.72	2.47	2.89	3.59	4.62	24.39	
8.00	0.12	6.25	2.10	1.91	1.97	2.44	3.14	17.81	
9.00	0.09	4.83	1.62	1.48	1.52	1.66	2.13	13.24	
10.00	0.07	3.82	1.26	1.14	1.17	1.28	1.45	10.12	
11.00	0.06	3.15	0.99	0.88	0.91	0.99	1.12	8.04	
12.00	0.05	2.59	0.82	0.70	0.70	0.77	0.87	6.44	
13.00	0.04	2.14	0.67	0.57	0.55	0.59	0.67	5.20	
14.00	0.03	1.76	0.56	0.47	0.46	0.47	0.52	4.23	
15.00	0.03	1.45	0.46	0.39	0.38	0.39	0.41	3.47	
16.00	0.02	1.20	0.38	0.32	0.31	0.32	0.34	2.86	
17.00	0.02	0.99	0.31	0.26	0.26	0.26	0.28	2.36	
18.00	0.01	0.81	0.26	0.22	0.21	0.22	0.23	1.94	
19.00	0.01	0.67	0.21	0.18	0.17	0.18	0.19	1.60	
20.00	0.01	0.55	0.17	0.15	0.14	0.15	0.16	1.32	
21.00	0.01	0.45	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13	1.09	
22.00	0.01	0.37	0.12	0.10	0.10	0.10	0.11	0.90	
23.00	0.01	0.31	0.10	0.08	0.08	0.08	0.09	0.74	
24.00	0.00	0.25	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.61	
		Debit Maksimal							45.80

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 50 tahun pada DAS Gung ialah 45,80 m³/det



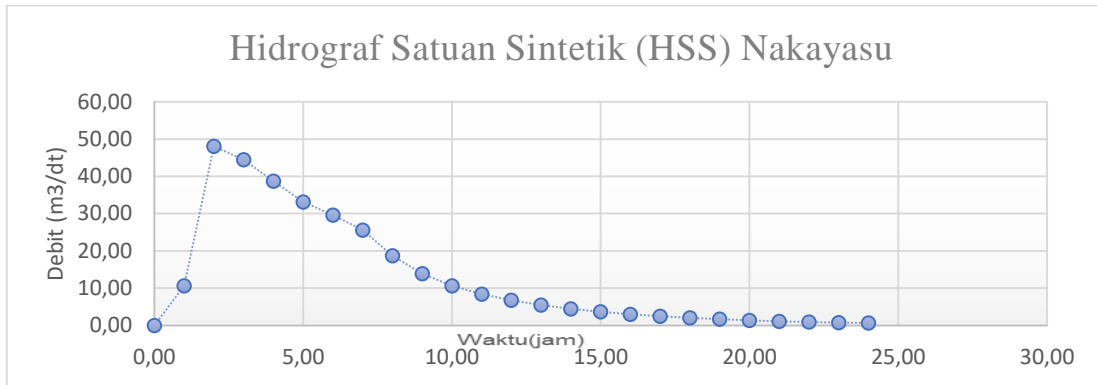
Gambar 4. 11 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun DAS Gung

Tabel 4. 21 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Gung

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		57.03	14.82	10.40	8.28	6.99	6.11		
Jam	m³/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m³/det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.00	0.19	10.66	0.00					10.66	
2.00	0.79	45.29	2.77	0.00				48.06	
3.00	0.54	30.75	11.77	1.94	0.00			44.47	
4.00	0.37	20.88	7.99	8.26	1.55	0.00		38.68	
5.00	0.25	14.22	5.43	5.61	6.57	1.31	0.00	33.14	
6.00	0.19	10.99	3.70	3.81	4.46	5.55	1.14	29.65	
7.00	0.15	8.49	2.86	2.59	3.03	3.77	4.85	25.59	
8.00	0.12	6.56	2.21	2.00	2.06	2.56	3.30	18.69	
9.00	0.09	5.07	1.70	1.55	1.60	1.74	2.24	13.90	
10.00	0.07	4.01	1.32	1.20	1.23	1.35	1.52	10.62	
11.00	0.06	3.30	1.04	0.92	0.95	1.04	1.18	8.44	
12.00	0.05	2.72	0.86	0.73	0.74	0.80	0.91	6.76	
13.00	0.04	2.24	0.71	0.60	0.58	0.62	0.70	5.46	
14.00	0.03	1.85	0.58	0.50	0.48	0.49	0.54	4.44	
15.00	0.03	1.52	0.48	0.41	0.39	0.40	0.43	3.64	
16.00	0.02	1.25	0.40	0.34	0.33	0.33	0.35	3.00	
17.00	0.02	1.03	0.33	0.28	0.27	0.27	0.29	2.47	
18.00	0.01	0.85	0.27	0.23	0.22	0.23	0.24	2.04	
19.00	0.01	0.70	0.22	0.19	0.18	0.19	0.20	1.68	
20.00	0.01	0.58	0.18	0.16	0.15	0.15	0.16	1.38	
21.00	0.01	0.48	0.15	0.13	0.12	0.13	0.13	1.14	
22.00	0.01	0.39	0.12	0.11	0.10	0.10	0.11	0.94	
23.00	0.01	0.32	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.77	
24.00	0.00	0.27	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.64	
		Debit Maksimal							48.06

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 100 tahun pada DAS Gung ialah 48,06 m³/det

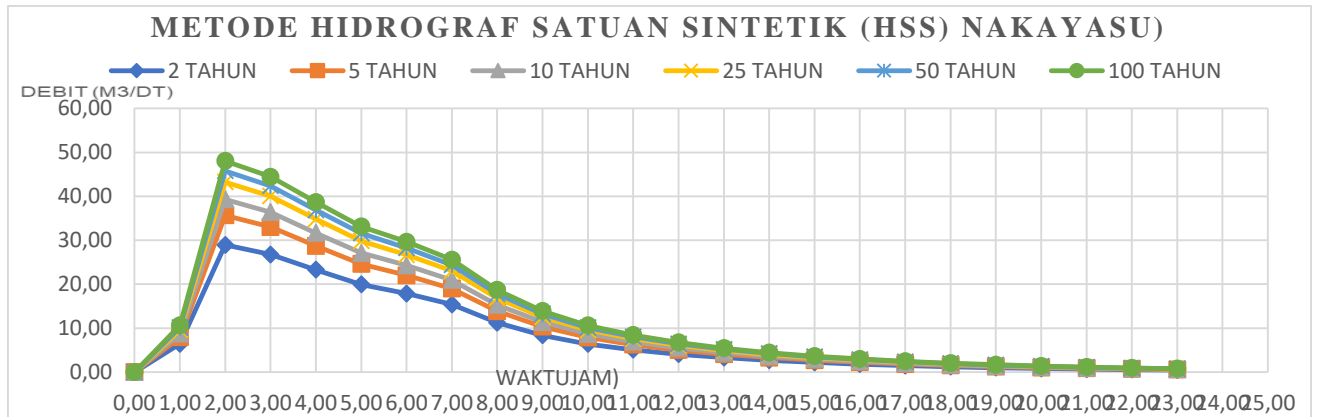


Gambar 4. 12 Grafik Debit Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun DAS Gung

Tabel 4. 22 Rekap Perhitungan Banjir Rancangan Metode Nakayasu Pada DAS Gung

No.	t Jam	Q (m ³ /det)					
		Tr = 2th	Tr = 5th	Tr = 10th	Tr = 25th	Tr = 50th	Tr = 100th
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	6.42	7.92	8.73	9.60	10.16	10.66
3	2.00	28.93	35.67	39.33	43.26	45.80	48.06
4	3.00	26.77	33.01	36.39	40.03	42.37	44.47
5	4.00	23.29	28.71	31.66	34.82	36.86	38.68
6	5.00	19.95	24.60	27.12	29.83	31.58	33.14
7	6.00	17.85	22.01	24.27	26.69	28.25	29.65
8	7.00	15.41	19.00	20.95	23.04	24.39	25.59
9	8.00	11.25	13.87	15.30	16.82	17.81	18.69
10	9.00	8.36	10.32	11.37	12.51	13.24	13.90
11	10.00	6.39	7.89	8.69	9.56	10.12	10.62
12	11.00	5.08	6.26	6.90	7.59	8.04	8.44
13	12.00	4.07	5.02	5.53	6.08	6.44	6.76
14	13.00	3.28	4.05	4.47	4.91	5.20	5.46
15	14.00	2.67	3.30	3.63	4.00	4.23	4.44
16	15.00	2.19	2.70	2.98	3.28	3.47	3.64
17	16.00	1.81	2.23	2.45	2.70	2.86	3.00
18	17.00	1.49	1.83	2.02	2.23	2.36	2.47
19	18.00	1.23	1.51	1.67	1.83	1.94	2.04
20	19.00	1.01	1.25	1.37	1.51	1.60	1.68
21	20.00	0.83	1.03	1.13	1.25	1.32	1.38
22	21.00	0.69	0.85	0.93	1.03	1.09	1.14
23	22.00	0.57	0.70	0.77	0.85	0.90	0.94
24	23.00	0.47	0.57	0.63	0.70	0.74	0.77
Q max		28.93	35.67	39.33	43.26	45.80	48.06

Sumber : Hasil Perhitungan 2024



Gambar 4. 13 Grafik Rekap Debit Keseluruhan pada DAS Gung

▪ **Perhitungan Debit Banjir Rencana pada DAS Rencana Kolam Retensi**

Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu yang kedua yaitu perhitungan debit banjir rencana pada DAS Rencana Kolam Retensi yang digunakan untuk menganalisis debit yang masuk ke dalam kolam retensi. Dalam perhitungan ini menggunakan data dan perhitungan sebagai berikut :

Luas DAS (A) = 5,82 Km²

Panjang Sungai Utama (L) = 6,479 Km

Koefisien Pengaliran (C) = 0,53

R_e = 1 mm (hujan satuan)

Langkah perhitungan sebagai berikut ;

1. Menentukan nilai waktu konsentrasi (T_g). Karena L < 15 Km maka :

$$\begin{aligned}
 - \text{tg (time lag)} &= 0,21 + (L^{0,7}) \\
 &= 0,21 + (6,479^{0,7}) \\
 &= 0,7767 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai Tr yang nilainya 1 x T_g

$$\begin{aligned}
 - \text{Tr} &= 1 \times 0,7767 \\
 &= 0,7767
 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai (T_p) dengan rumus

$$\begin{aligned}
 - \text{Tp} &= \text{tg} + 0,8 \cdot \text{tr} \\
 &= 0,7767 + (0,8 \times 0,7767) \\
 &= 1,398 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan nilai T_{0,3}

$$- \text{T}_{0,3} = \alpha \times \text{Tg} = 3 \times 0,7767 = 2,33 \text{ Jam}$$

5. Mencari debit puncak (Qp)

$$\begin{aligned} - Q_p &= \frac{A \times R_e}{3,6} : ((0,3 \times T_p) + T_{0,3}) \\ &= \frac{5,82 \times 1}{3,6} : ((0,3 \times 1,398) + 2,33) \\ &= 0,588 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - T_p + T_{0,3} &= 1,398 + 2,33 \\ &= 3,73 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} &= 1,398 + 2,33 + 3,5 \\ &= 7,22 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Menghitung unit hidrograf satuan banjir rancangan dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut :

1. Untuk lengkung naik dengan $0 \leq t \leq T_p = 0 \leq t \leq 1,398$

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \\ &= 0,588 \left(\frac{1}{1,398}\right)^{2,4} \\ &= 0,588 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

2. Untuk lengkung turun dengan $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) = 1,398 \leq t \leq 3,73$

$$\begin{aligned} Q_{d1} &= Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right) \\ &= 0,588 \times 0,3 \left(\frac{2-1,398}{2,33}\right) \\ &= 0,43 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

3. Untuk lengkung turun kedua dengan $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = 3,73 \leq t \leq 7,22$

$$\begin{aligned} Q_{d2} &= Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p+(0,5 \cdot T_{0,3}))}{(1,5 T_{0,3})} \\ &= 0,588 \times 0,3 \left(\frac{(4-1,398)+(1,17)}{3,5}\right) \\ &= 0,161 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

4. Untuk lengkung turun ketiga dengan $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t \geq 7,22$

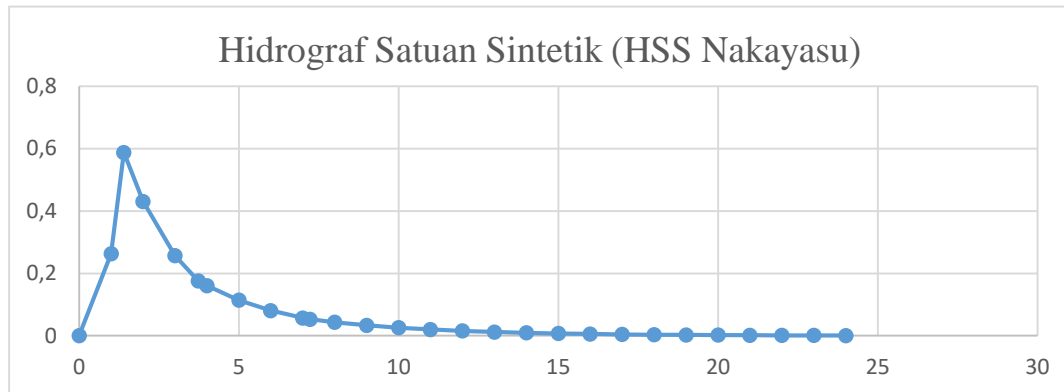
$$\begin{aligned} Q_{d3} &= Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p+1,5 T_{0,3})}{(2 T_{0,3})} \\ &= 0,588 \times 0,3 \left(\frac{(8-1,398)+(4,66)}{6,22}\right) \\ &= 0,043 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Rencana Kolam Retensi

t (Jam)	Q (Debit)	Keterangan
0	0	Qa
1	0.263	
1.40	0.588	
2	0.431	Qd1
3	0.257	
3.73	0.176	
4	0.161	Qd2
5	0.114	
6	0.081	
7	0.057	
7.22	0.053	
8	0.043	Qd3
9	0.033	
10	0.026	
11	0.020	
12	0.015	
13	0.012	
14	0.009	
15	0.007	
16	0.005	
17	0.004	
18	0.003	
19	0.003	
20	0.002	
21	0.002	
22	0.001	
23	0.001	
24	0.001	

Sumber : Hasil Perhitungan 2024



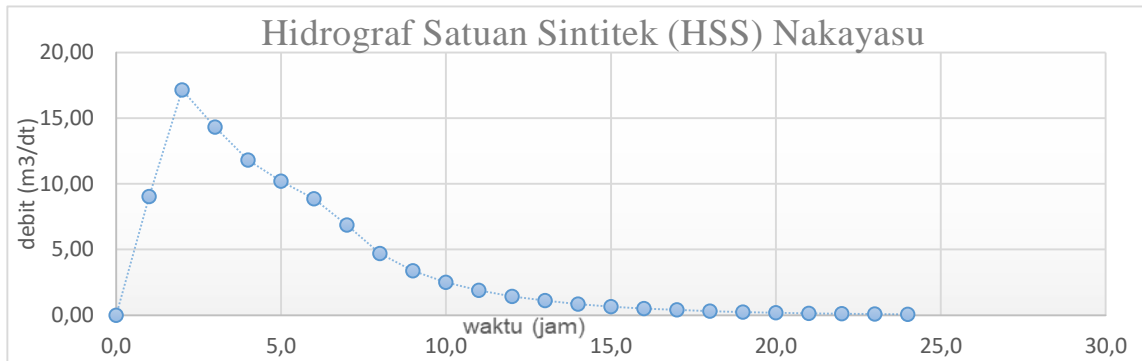
Gambar 4. 14 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Kolam Retensi

Tabel 4. 24 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS Kolam Retensi

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q
		34.33	8.92	6.26	4.98	4.21	3.68	
Jam	m³/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m³/det
0.0	0.00	0.00						0.00
1.0	0.26	9.03	0.00					9.03
2.0	0.43	14.79	2.35	0.00				17.14
3.0	0.26	8.82	3.84	1.65	0.00			14.31
4.0	0.16	5.51	2.29	2.70	1.31	0.00		11.81
5.0	0.11	3.91	1.43	1.61	2.15	1.11	0.00	10.20
6.0	0.08	2.77	1.02	1.01	1.28	1.81	0.97	8.85
7.0	0.06	1.96	0.72	0.71	0.80	1.08	1.58	6.86
8.0	0.04	1.49	0.51	0.50	0.57	0.68	0.95	4.69
9.0	0.03	1.15	0.39	0.36	0.40	0.48	0.59	3.36
10.0	0.03	0.89	0.30	0.27	0.28	0.34	0.42	2.50
11.0	0.02	0.68	0.23	0.21	0.22	0.24	0.30	1.88
12.0	0.02	0.53	0.18	0.16	0.17	0.18	0.21	1.43
13.0	0.01	0.41	0.14	0.12	0.13	0.14	0.16	1.10
14.0	0.01	0.32	0.11	0.10	0.10	0.11	0.12	0.85
15.0	0.01	0.24	0.08	0.07	0.08	0.08	0.10	0.66
16.0	0.01	0.19	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.51
17.0	0.00	0.15	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.39
18.0	0.00	0.11	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.30
19.0	0.00	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.23
20.0	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.18
21.0	0.00	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.14
22.0	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.11
23.0	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08
24.0	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06
	Debit Maksimal							17.14

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 2 tahun pada DAS Kolam Retensi ialah 17,14 m³/det



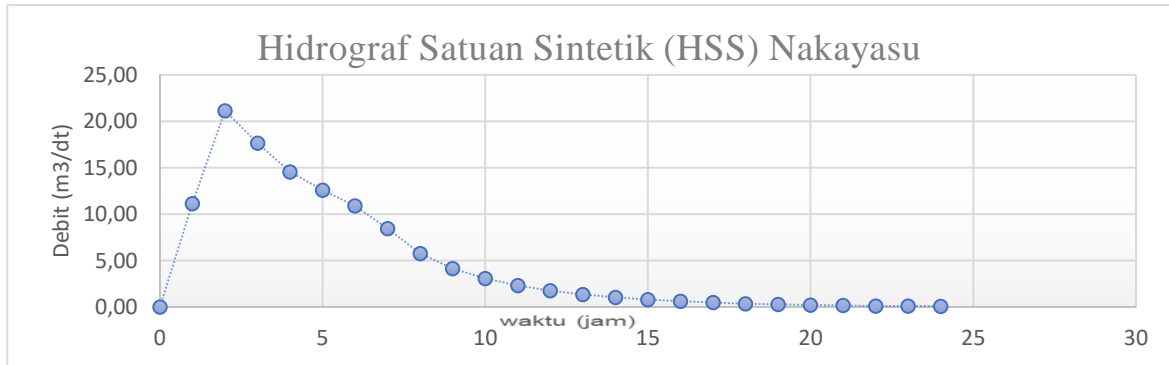
Gambar 4. 15 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS Kolam Retensi

Tabel 4. 25 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Kolam Retensi

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		42.335	11.004	7.719	6.145	5.189	4.536		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0	0.00	0.00						0.00	
1	0.26	11.14	0.00					11.14	
2.0	0.43	18.24	2.89	0.00				21.13	
3.0	0.26	10.88	4.74	2.03	0.00			17.65	
4.0	0.16	6.80	2.83	3.33	1.62	0.00		14.57	
5.0	0.11	4.82	1.77	1.98	2.65	1.37	0.00	12.58	
6.0	0.08	3.41	1.25	1.24	1.58	2.24	1.19	10.91	
7.0	0.06	2.42	0.89	0.88	0.99	1.33	1.95	8.46	
8.0	0.04	1.83	0.63	0.62	0.70	0.83	1.17	5.78	
9.0	0.03	1.42	0.48	0.44	0.50	0.59	0.73	4.15	
10.0	0.03	1.09	0.37	0.33	0.35	0.42	0.52	3.08	
11.0	0.02	0.84	0.28	0.26	0.27	0.30	0.37	2.32	
12.0	0.02	0.65	0.22	0.20	0.21	0.22	0.26	1.76	
13.0	0.01	0.50	0.17	0.15	0.16	0.17	0.20	1.36	
14.0	0.01	0.39	0.13	0.12	0.12	0.13	0.15	1.05	
15.0	0.01	0.30	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.81	
16.0	0.01	0.23	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.62	
17.0	0.00	0.18	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.48	
18.0	0.00	0.14	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.37	
19.0	0.00	0.11	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.29	
20.0	0.00	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.22	
21.0	0.00	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.17	
22.0	0.00	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13	
23.0	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	
24.0	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	
		Debit Maksimal							21.13

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 5 tahun pada DAS Kolam Retensi ialah 21,13 m³/det



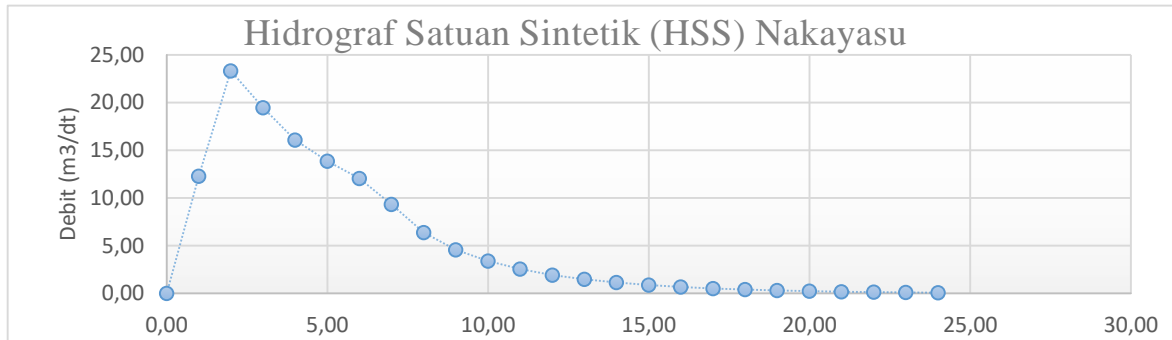
Gambar 4. 16 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Kolam Retensi

Tabel 4. 26 Perhitungan Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Kolam Retensi

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		46.68	12.13	8.51	6.78	5.72	5.00		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.0	0.26	12.28	0.00					12.28	
2.0	0.43	20.11	3.19	0.00				23.30	
3.0	0.26	11.99	5.23	2.24	0.00			19.46	
4.0	0.16	7.50	3.12	3.67	1.78	0.00		16.06	
5.0	0.11	5.31	1.95	2.19	2.92	1.50	0.00	13.87	
6.0	0.08	3.76	1.38	1.37	1.74	2.46	1.32	12.03	
7.0	0.06	2.67	0.98	0.97	1.09	1.47	2.15	9.33	
8.0	0.04	2.02	0.69	0.69	0.77	0.92	1.29	6.38	
9.0	0.03	1.56	0.53	0.49	0.55	0.65	0.80	4.57	
10.0	0.03	1.21	0.41	0.37	0.39	0.46	0.57	3.40	
11.0	0.02	0.93	0.31	0.28	0.29	0.33	0.40	2.55	
12.0	0.02	0.72	0.24	0.22	0.23	0.25	0.29	1.94	
13.0	0.01	0.56	0.19	0.17	0.17	0.19	0.22	1.49	
14.0	0.01	0.43	0.14	0.13	0.14	0.15	0.17	1.15	
15.0	0.01	0.33	0.11	0.10	0.10	0.11	0.13	0.89	
16.0	0.01	0.26	0.09	0.08	0.08	0.09	0.10	0.69	
17.0	0.00	0.20	0.07	0.06	0.06	0.07	0.08	0.53	
18.0	0.00	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.41	
19.0	0.00	0.12	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.32	
20.0	0.00	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.25	
21.0	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.19	
22.0	0.00	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.15	
23.0	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.11	
24.0	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	
		Debit Maksimal							23.30

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 10 tahun pada DAS Kolam Retensi ialah 23,30 m³/det



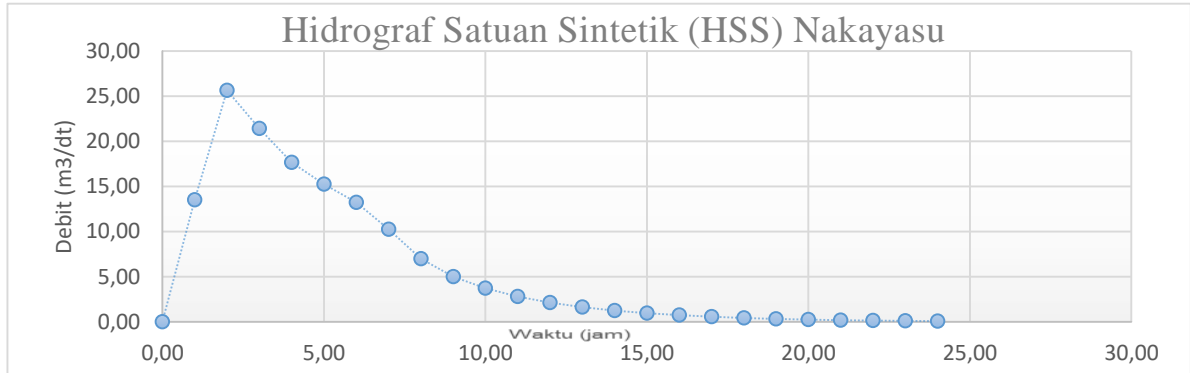
Gambar 4. 17 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Kolam Retensi

Tabel 4. 27 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakyasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Kolam Retensi

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		51.34	13.34	9.36	7.45	6.29	5.50		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.00	0.26	13.50	0.00					13.50	
2.00	0.43	22.12	3.51	0.00				25.63	
3.00	0.26	13.19	5.75	2.46	0.00			21.40	
4.00	0.16	8.25	3.43	4.03	1.96	0.00		17.67	
5.00	0.11	5.84	2.14	2.41	3.21	1.66	0.00	15.26	
6.00	0.08	4.14	1.52	1.50	1.91	2.71	1.45	13.24	
7.00	0.06	2.93	1.08	1.07	1.20	1.62	2.37	10.26	
8.00	0.04	2.22	0.76	0.75	0.85	1.01	1.41	7.01	
9.00	0.03	1.72	0.58	0.53	0.60	0.72	0.88	5.03	
10.00	0.03	1.33	0.45	0.41	0.43	0.51	0.63	3.74	
11.00	0.02	1.02	0.34	0.31	0.32	0.36	0.44	2.81	
12.00	0.02	0.79	0.27	0.24	0.25	0.27	0.31	2.13	
13.00	0.01	0.61	0.21	0.19	0.19	0.21	0.24	1.64	
14.00	0.01	0.47	0.16	0.14	0.15	0.16	0.18	1.27	
15.00	0.01	0.36	0.12	0.11	0.11	0.13	0.14	0.98	
16.00	0.01	0.28	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.76	
17.00	0.00	0.22	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.59	
18.00	0.00	0.17	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.45	
19.00	0.00	0.13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.35	
20.00	0.00	0.10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.27	
21.00	0.00	0.08	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.21	
22.00	0.00	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.16	
23.00	0.00	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.12	
24.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	
		Debit Maksimal							25.63

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 25 tahun pada DAS Kolam Retensi ialah 25,63 m³/det.



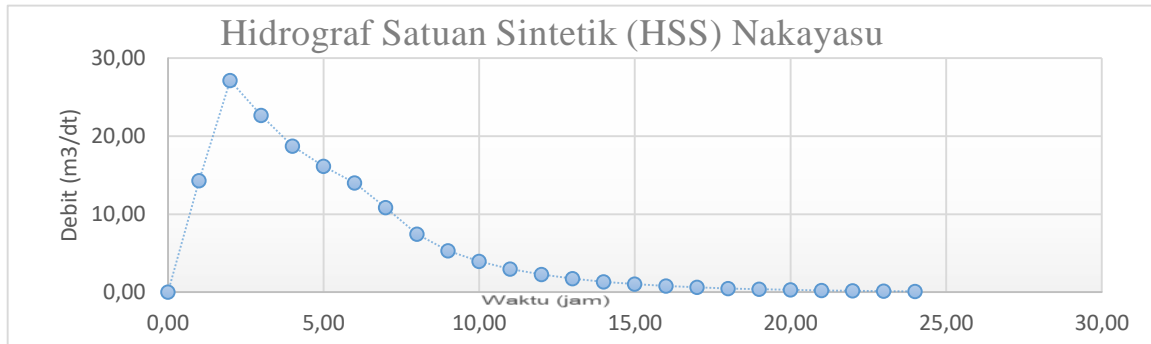
Gambar 4. 18 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Kolam Retensi

Tabel 4. 28 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Kolam Retensi

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		54.35	14.13	9.91	7.89	6.66	5.82		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.00	0.26	14.30	0.00					14.30	
2.00	0.43	23.41	3.72	0.00				27.13	
3.00	0.26	13.97	6.09	2.61	0.00			22.66	
4.00	0.16	8.73	3.63	4.27	2.07	0.00		18.70	
5.00	0.11	6.19	2.27	2.55	3.40	1.75	0.00	16.15	
6.00	0.08	4.38	1.61	1.59	2.03	2.87	1.53	14.01	
7.00	0.06	3.11	1.14	1.13	1.27	1.71	2.51	10.86	
8.00	0.04	2.35	0.81	0.80	0.90	1.07	1.50	7.42	
9.00	0.03	1.82	0.61	0.57	0.64	0.76	0.94	5.33	
10.00	0.03	1.40	0.47	0.43	0.45	0.54	0.66	3.96	
11.00	0.02	1.08	0.36	0.33	0.34	0.38	0.47	2.97	
12.00	0.02	0.84	0.28	0.26	0.26	0.29	0.33	2.26	
13.00	0.01	0.65	0.22	0.20	0.20	0.22	0.25	1.74	
14.00	0.01	0.50	0.17	0.15	0.16	0.17	0.19	1.34	
15.00	0.01	0.39	0.13	0.12	0.12	0.13	0.15	1.04	
16.00	0.01	0.30	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.80	
17.00	0.00	0.23	0.08	0.07	0.07	0.08	0.09	0.62	
18.00	0.00	0.18	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.48	
19.00	0.00	0.14	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.37	
20.00	0.00	0.11	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.29	
21.00	0.00	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.22	
22.00	0.00	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.17	
23.00	0.00	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.13	
24.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.10	
		Debit Maksimal							27.13

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 50 tahun pada DAS Kolam Retensi ialah 27,13 m³/det.



Gambar 4. 19 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Kolam Retensi

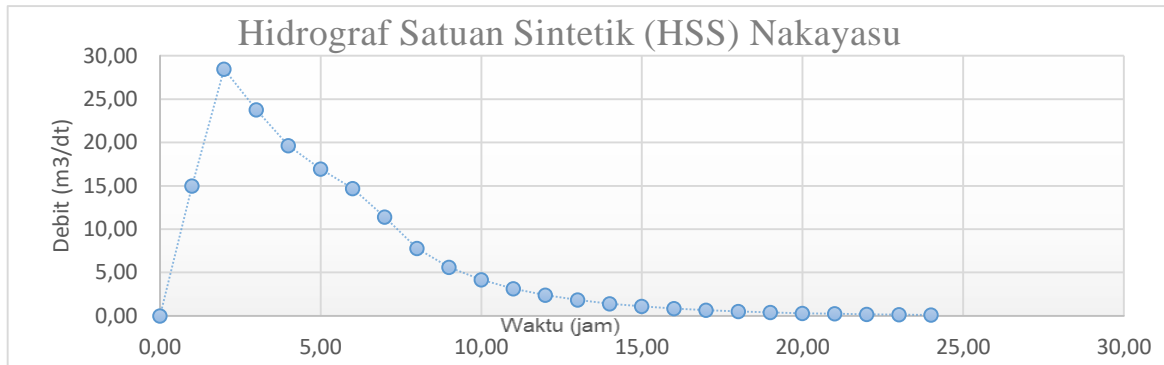
Tabel 4. 29 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakyasu Priode Ulang 100 Tahun DAS Kolam Retensi

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		57.03	14.82	10.40	8.28	6.99	6.11		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.00	0.00	0.00						0.00	
1.00	0.26	15.00	0.00					15.00	
2.00	0.43	24.57	3.90	0.00				28.47	
3.00	0.26	14.66	6.39	2.74	0.00			23.78	
4.00	0.16	9.16	3.81	4.48	2.18	0.00		19.63	
5.00	0.11	6.49	2.38	2.67	3.57	1.84	0.00	16.95	
6.00	0.08	4.60	1.69	1.67	2.13	3.01	1.61	14.70	
7.00	0.06	3.26	1.20	1.18	1.33	1.80	2.63	11.40	
8.00	0.04	2.47	0.85	0.84	0.94	1.12	1.57	7.79	
9.00	0.03	1.91	0.64	0.59	0.67	0.80	0.98	5.59	
10.00	0.03	1.47	0.50	0.45	0.47	0.56	0.70	4.15	
11.00	0.02	1.14	0.38	0.35	0.36	0.40	0.49	3.12	
12.00	0.02	0.88	0.30	0.27	0.28	0.30	0.35	2.37	
13.00	0.01	0.68	0.23	0.21	0.21	0.23	0.26	1.83	
14.00	0.01	0.52	0.18	0.16	0.17	0.18	0.20	1.41	
15.00	0.01	0.40	0.14	0.12	0.13	0.14	0.16	1.09	
16.00	0.01	0.31	0.11	0.10	0.10	0.11	0.12	0.84	
17.00	0.00	0.24	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.65	
18.00	0.00	0.19	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.50	
19.00	0.00	0.14	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.39	
20.00	0.00	0.11	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.30	
21.00	0.00	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.23	
22.00	0.00	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.18	
23.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.14	
24.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.11	
		Debit Maksimal							28.47

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 100 tahun pada DAS Kolam

Retensi ialah 28,47 m³/det

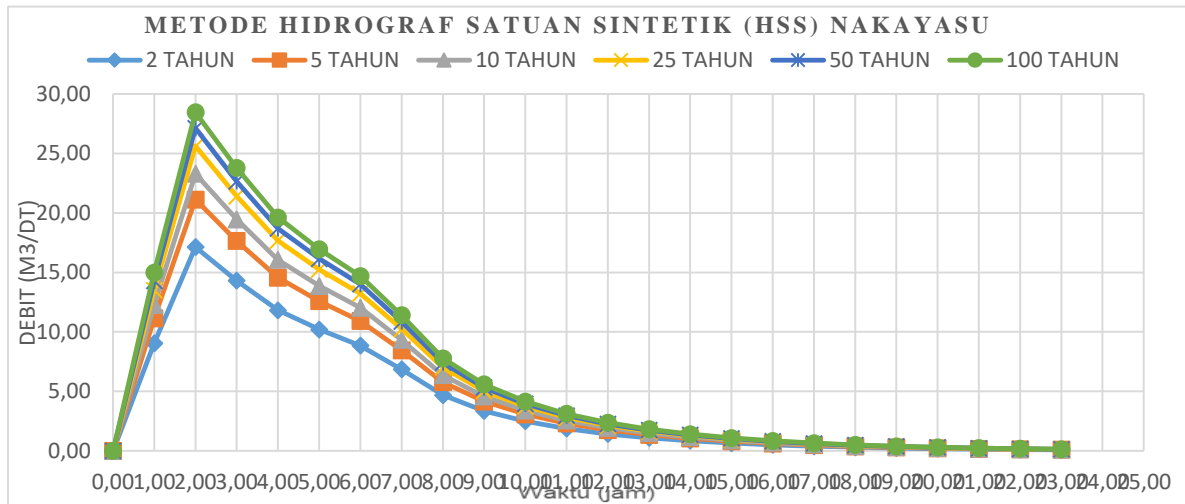


Gambar 4. 20 Grafik Debit Banjir Rencana (HSS) Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Kolam Retensi

Tabel 4. 30 Perhitungan Rekap Banjir Rencana Metode Nakayasu DAS Kolam Retensi

No.	t Jam	Q (m ³ /det)					
		Tr = 2th	Tr = 5th	Tr = 10th	Tr = 25th	Tr = 50th	Tr = 100th
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	9.03	11.14	12.28	13.50	14.30	15.00
3	2.00	17.14	21.13	23.30	25.63	27.13	28.47
4	3.00	14.31	17.65	19.46	21.40	22.66	23.78
5	4.00	11.81	14.57	16.06	17.67	18.70	19.63
6	5.00	10.20	12.58	13.87	15.26	16.15	16.95
7	6.00	8.85	10.91	12.03	13.24	14.01	14.70
8	7.00	6.86	8.46	9.33	10.26	10.86	11.40
9	8.00	4.69	5.78	6.38	7.01	7.42	7.79
10	9.00	3.36	4.15	4.57	5.03	5.33	5.59
11	10.00	2.50	3.08	3.40	3.74	3.96	4.15
12	11.00	1.88	2.32	2.55	2.81	2.97	3.12
13	12.00	1.43	1.76	1.94	2.13	2.26	2.37
14	13.00	1.10	1.36	1.49	1.64	1.74	1.83
15	14.00	0.85	1.05	1.15	1.27	1.34	1.41
16	15.00	0.66	0.81	0.89	0.98	1.04	1.09
17	16.00	0.51	0.62	0.69	0.76	0.80	0.84
18	17.00	0.39	0.48	0.53	0.59	0.62	0.65
19	18.00	0.30	0.37	0.41	0.45	0.48	0.50
20	19.00	0.23	0.29	0.32	0.35	0.37	0.39
21	20.00	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30
22	21.00	0.14	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23
23	22.00	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18
24	23.00	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14
Q max		17.14	21.13	23.30	25.63	27.13	28.47

Sumber : Hasil Perhitungan 2024



Gambar 4. 21 Grafik Rekap Debit Banjir Rencana pada DAS Kolam Retensi

▪ **Perhitungan Debit Banjir Rencana pada DAS Jembatan**

Perhitungan debit banjir rencana dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu yang kedua yaitu perhitungan debit banjir rencana pada DAS dibawah Rencana Kolam Retensi yang digunakan untuk menganalisis debit yang melewati jembatan sebagai sumber banjir yang sering terjadi. Dalam perhitungan ini menggunakan data dan perhitungan sebagai berikut :

Luas DAS (A) = 0,35 Km²

Panjang DAS terjauh (L) = 0,61 Km

Koefisien Pengaliran (C) = 0,53

R_e = 1 mm (hujan satuan)

Langkah perhitungan sebagai berikut ;

1. Menentukan nilai waktu konsentrasi (T_g). Karena L < 15 Km maka :

- tg (time lag) = 0,21 + (L^{0,7})

= 0,21 + (0,61^{0,7})

= 0,149 Jam

2. Menentukan nilai Tr yang nilainya 1 x T_g

- Tr = 1 x 0,149

= 0,149

3. Menentukan nilai (T_p) dengan rumus

- T_p = tg + 0,8 . tr

= 0,149 + (0,8 x 0,149) = 0,267 Jam

4. Menentukan nilai $T_{0,3}$

$$\begin{aligned} - T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\ &= 3 \times 0,149 = 0,446 \text{ Jam} \end{aligned}$$

5. Mencari debit puncak (Q_p)

$$\begin{aligned} - Q_p &= \frac{A \times R_e}{3,6} : ((0,3 \times T_p) + T_{0,3}) \\ &= \frac{0,61 \times 1}{3,6} : ((0,3 \times 0,267) + 0,446) = 0,185 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - T_p + T_{0,3} &= 0,267 + 0,446 \\ &= 0,71 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} &= 0,267 + 0,446 + 0,67 \\ &= 1,38 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Menghitung unit hidrograf satuan banjir rancangan dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut :

1. Untuk lengkung naik dengan $0 \leq t \leq T_p = 0 \leq t \leq 0,267$

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_p \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \\ &= 0,185 \left(\frac{0,1}{0,267}\right)^{2,4} = 0,017 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

2. Untuk lengkung turun dengan $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3}) = 0,267 \leq t \leq 0,71$

$$\begin{aligned} Q_{d1} &= Q_p \times 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right) \\ &= 0,185 \times 0,3 \left(\frac{0,3-0,267}{0,446}\right) \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

3. Untuk lengkung turun kedua dengan $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = 0,71 \leq t \leq 1,38$

$$\begin{aligned} Q_{d2} &= Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p+(0,5 \cdot T_{0,3}))}{(1,5 T_{0,3})} \\ &= 0,185 \times 0,3 \left(\frac{(1-0,267)+(0,22)}{0,67}\right) \\ &= 0,033 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

4. Untuk lengkung turun ketiga dengan $t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}) = t \geq 1,38$

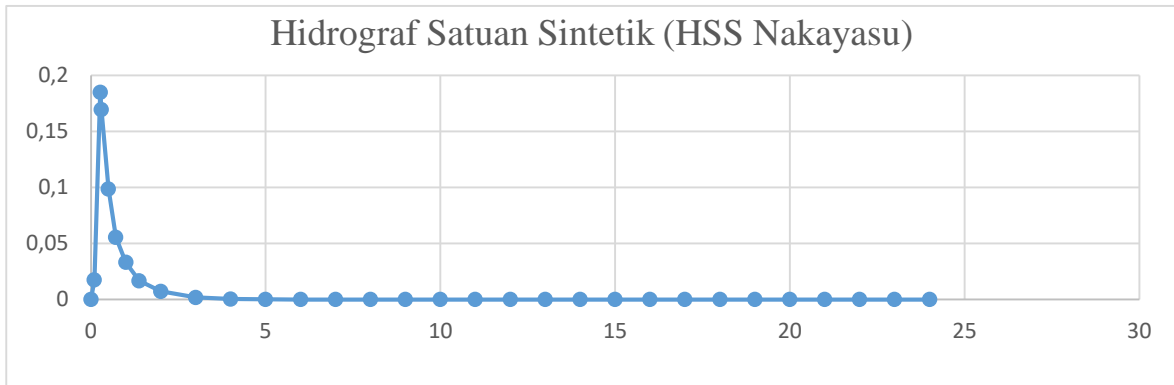
$$\begin{aligned} Q_{d3} &= Q_p \times 0,3 \frac{(t-T_p+1,5 T_{0,3})}{(2 T_{0,3})} \\ &= 0,185 \times 0,3 \left(\frac{(2-0,267)+(0,67)}{0,89}\right) \\ &= 0,007 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada Tabel 4.31

Tabel 4. 31 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Jembatan

t (Jam)	Q (Debit)	Keterangan
0	0	Qa
0.1	0.017	
0.27	0.185	
0.3	0.169476	Qd1
0.5	0.098740	
0.71	0.055517	
1	0.033	Qd2
1.38	0.017	
2	0.007	Qd3
3	0.002	
4	0.000	
5	0.000	
6	0.000	
7	0.000	
8	0.000	
9	0.000	
10	0.000	
11	0.000	
12	0.000	
13	0.000	
14	0.000	
15	0.000	
16	0.000	
17	0.000	
18	0.000	
19	0.000	
20	0.000	
21	0.000	
22	0.000	
23	0.000	
24	0.000	

Sumber : Hasil Perhitungan 2024



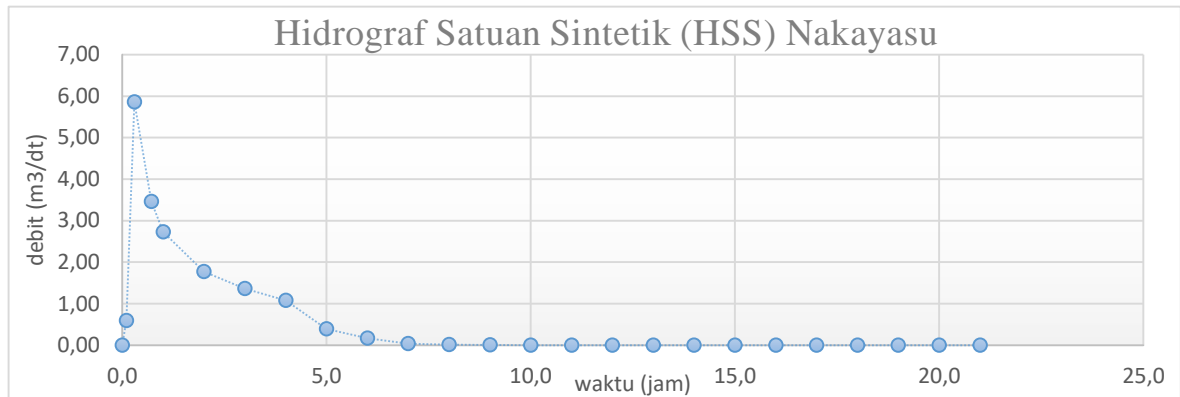
Gambar 4. 22 Grafik Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu DAS Jembatan

Tabel 4. 32 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Priode Ulang 2 Tahun DAS Jembatan

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q
		33.68	8.75	6.14	4.89	4.13	3.61	
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det
0.0	0.0	0.00						0.00
0.1	0.0	0.59	0.00					0.59
0.3	0.2	5.71	0.15	0.00				5.86
0.7	0.1	1.87	1.48	0.11	0.00			3.46
1.0	0.0	1.12	0.49	1.04	0.09	0.00		2.73
2.0	0.0	0.24	0.29	0.34	0.83	0.07	0.00	1.77
3.0	0.0	0.06	0.06	0.20	0.27	0.70	0.06	1.36
4.0	0.0	0.02	0.02	0.04	0.16	0.23	0.61	1.08
5.0	0.0	0.00	0.00	0.01	0.04	0.14	0.20	0.39
6.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.12	0.16
7.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.04
8.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
9.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Debit Maksimal							5.86

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 2 tahun pada DAS Jembatan ialah 5,86 m³/det



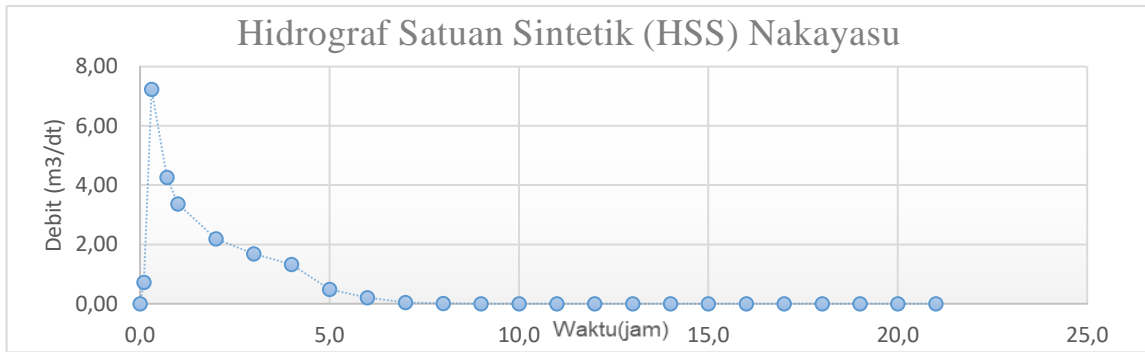
Gambar 4. 23 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun DAS Jembatan

Tabel 4. 33 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Jembatan

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		41.537	10.796	7.573	6.029	5.091	4.450		
Jam	m³/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m³/det	
0.0	0.0	0.00						0.00	
0.1	0.0	0.73	0.00					0.73	
0.3	0.2	7.04	0.19	0.00				7.23	
0.7	0.1	2.31	1.83	0.13	0.00			4.27	
1.0	0.0	1.38	0.60	1.28	0.11	0.00		3.36	
2.0	0.0	0.30	0.36	0.42	1.02	0.09	0.00	2.19	
3.0	0.0	0.08	0.08	0.25	0.33	0.86	0.08	1.68	
4.0	0.0	0.02	0.02	0.05	0.20	0.28	0.75	1.33	
5.0	0.0	0.01	0.01	0.01	0.04	0.17	0.25	0.48	
6.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.15	0.20	
7.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.05	
8.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
9.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Debit Maksimal							7.23

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 5 tahun pada DAS Jembatan ialah 7,23 m³/det



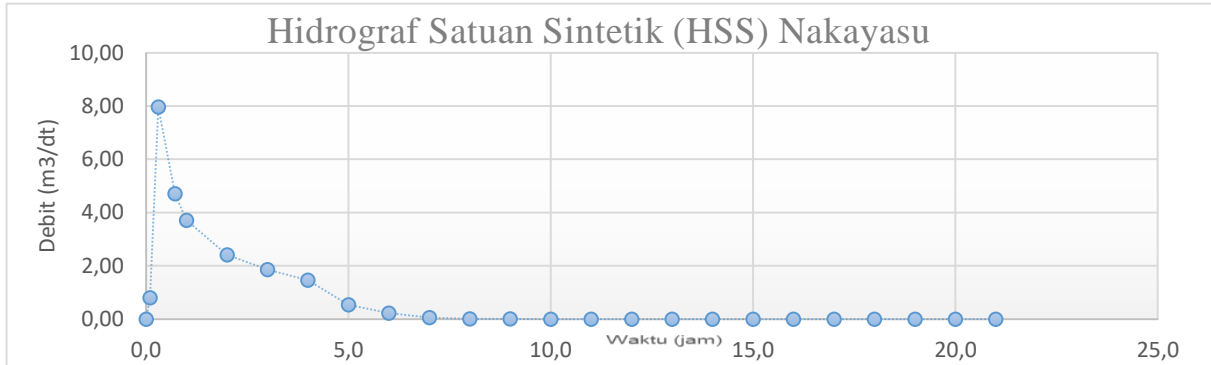
Gambar 4. 24 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun DAS Jembatan

Tabel 4. 34 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Jembatan

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		45.80	11.90	8.35	6.65	5.61	4.91		
Jam	m³/det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m³/det	
0.0	0.0	0.00						0.00	
0.1	0.0	0.80	0.00					0.80	
0.3	0.2	7.76	0.21	0.00				7.97	
0.7	0.1	2.54	2.02	0.15	0.00			4.71	
1.0	0.0	1.52	0.66	1.42	0.12	0.00		3.71	
2.0	0.0	0.33	0.39	0.46	1.13	0.10	0.00	2.41	
3.0	0.0	0.09	0.09	0.28	0.37	0.95	0.09	1.85	
4.0	0.0	0.02	0.02	0.06	0.22	0.31	0.83	1.47	
5.0	0.0	0.01	0.01	0.02	0.05	0.19	0.27	0.53	
6.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.16	0.22	
7.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.05	
8.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
9.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Debit Maksimal							7.97

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 10 tahun pada DAS Jembatan ialah 7,97 m³/det



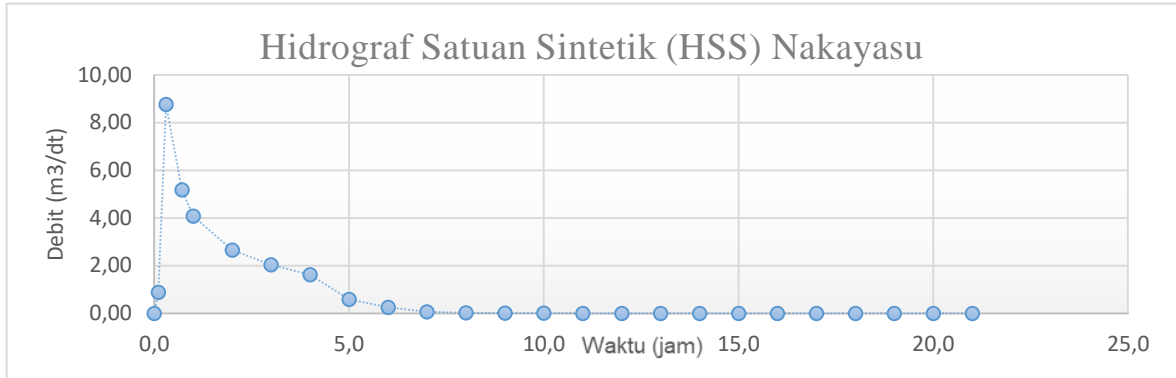
Gambar 4. 25 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 10 Tahun DAS Jembatan

Tabel 4. 35 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakyasu Priode Ulang 25 Tahun DAS Jembatan

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		50.37	13.09	9.18	7.31	6.17	5.40		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.0	0.0	0.00						0.00	
0.1	0.0	0.88	0.00					0.88	
0.3	0.2	8.54	0.23	0.00				8.76	
0.7	0.1	2.80	2.22	0.16	0.00			5.18	
1.0	0.0	1.67	0.73	1.56	0.13	0.00		4.08	
2.0	0.0	0.36	0.43	0.51	1.24	0.11	0.00	2.65	
3.0	0.0	0.09	0.09	0.30	0.41	1.05	0.09	2.04	
4.0	0.0	0.02	0.02	0.07	0.24	0.34	0.91	1.61	
5.0	0.0	0.01	0.01	0.02	0.05	0.20	0.30	0.59	
6.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.18	0.24	
7.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06	
8.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
9.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Debit Maksimal							8.76

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 25 tahun pada DAS Jembatan ialah 8,76 m³/det



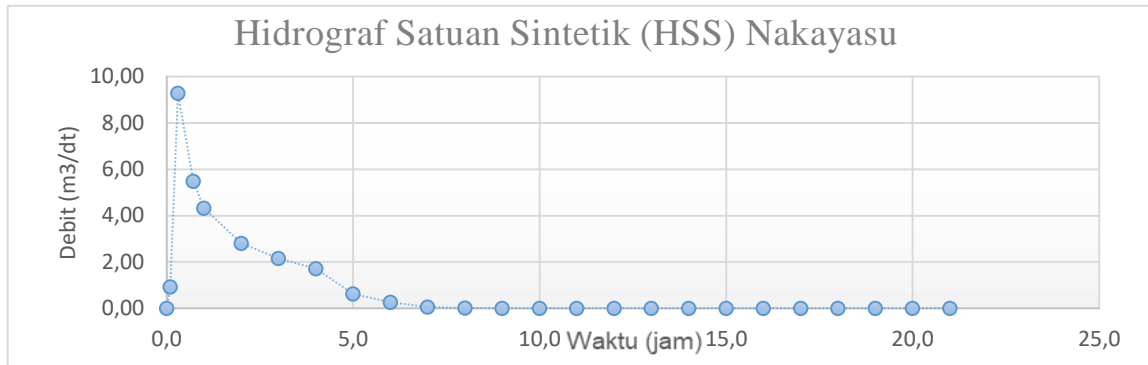
Gambar 4. 26 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 25 Tahun DAS Jembatan

Tabel 4. 36 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Priode Ulang 50 Tahun DAS Jembatan

t	Qa	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Q	
		53.32	13.86	9.72	7.74	6.54	5.71		
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det	
0.0	0.0	0.00						0.00	
0.1	0.0	0.93	0.00					0.93	
0.3	0.2	9.04	0.24	0.00				9.28	
0.7	0.1	2.96	2.35	0.17	0.00			5.48	
1.0	0.0	1.77	0.77	1.65	0.14	0.00		4.32	
2.0	0.0	0.39	0.46	0.54	1.31	0.11	0.00	2.81	
3.0	0.0	0.10	0.10	0.32	0.43	1.11	0.10	2.16	
4.0	0.0	0.03	0.03	0.07	0.26	0.36	0.97	1.71	
5.0	0.0	0.01	0.01	0.02	0.06	0.22	0.32	0.62	
6.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.19	0.26	
7.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06	
8.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	
9.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
14.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
17.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
19.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
20.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Debit Maksimal							9.28

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 50 tahun pada DAS Jembatan ialah 9,28 m³/det



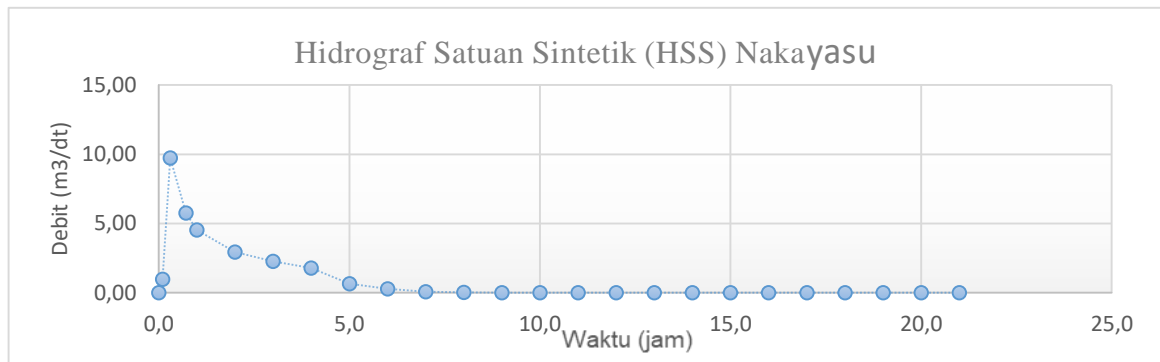
Gambar 4. 27 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 50 Tahun DAS Jembatan

Tabel 4. 37 Perhitungan Banjir Rencana Metode Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Jembatan

t	Qt	Qa	R2	R3	R4	R5	R6	Q
		55.96	14.54	10.20	8.12	6.86	6.00	
Jam	m ³ /det	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	mm/jam	m ³ /det
0.0	0.0	0.00						0.00
0.1	0.0	0.98	0.00					0.98
0.3	0.2	9.48	0.25	0.00				9.74
0.7	0.1	3.11	2.46	0.18	0.00			5.75
1.0	0.0	1.85	0.81	1.73	0.14	0.00		4.53
2.0	0.0	0.40	0.48	0.57	1.38	0.12	0.00	2.95
3.0	0.0	0.10	0.11	0.34	0.45	1.16	0.10	2.27
4.0	0.0	0.03	0.03	0.07	0.27	0.38	1.02	1.79
5.0	0.0	0.01	0.01	0.02	0.06	0.23	0.33	0.65
6.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.20	0.27
7.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06
8.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
9.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Debit Maksimal								9.74

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

Debit banjir rancangan maksimum periode ulang 100 tahun pada DAS Jembatan ialah 9,74 m³/det

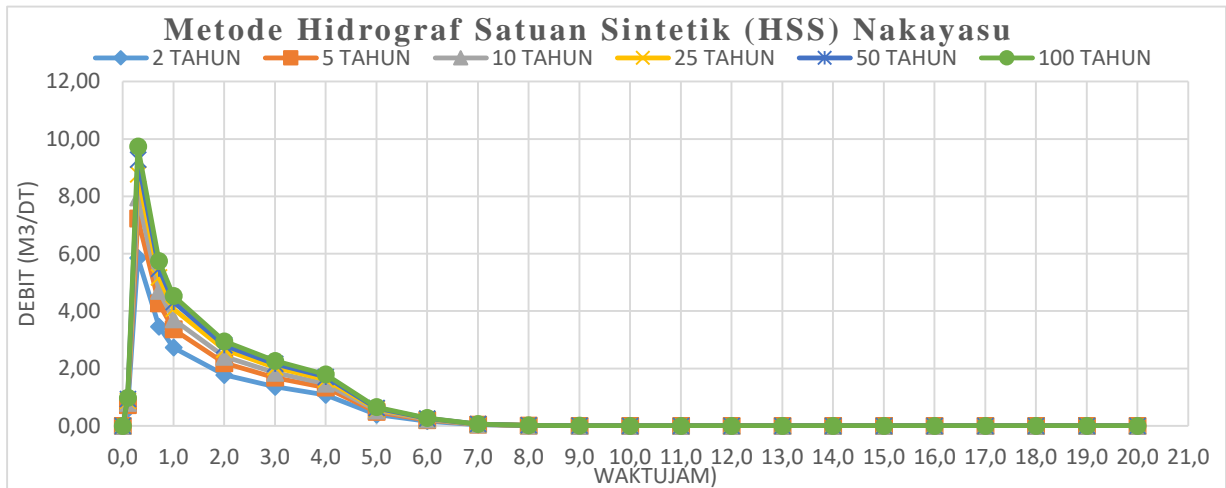


Gambar 4. 28 Grafik (HSS) Nakayasu Periode Ulang 100 Tahun DAS Jembatan

Tabel 4. 38 Perhitungan Rekap Banjir Rencana Metode Nakayasu DAS Jembatan

No.	t Jam	Q (m ³ /det)					
		Tr = 2th	Tr = 5th	Tr = 10th	Tr = 25th	Tr = 50th	Tr = 100th
1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.1	0.59	0.73	0.80	0.88	0.93	0.98
3	0.3	5.86	7.23	7.97	8.76	9.28	9.74
4	0.7	3.46	4.27	4.71	5.18	5.48	5.75
5	1.0	2.73	3.36	3.71	4.08	4.32	4.53
6	2.0	1.77	2.19	2.41	2.65	2.81	2.95
7	3.0	1.36	1.68	1.85	2.04	2.16	2.27
8	4.0	1.08	1.33	1.47	1.61	1.71	1.79
9	5.0	0.39	0.48	0.53	0.59	0.62	0.65
10	6.0	0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27
11	7.0	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
12	8.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
13	9.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	11.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	12.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	13.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	15.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	17.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	19.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q max		5.86	7.23	7.97	8.76	9.28	9.74

Sumber : Hasil Perhitungan



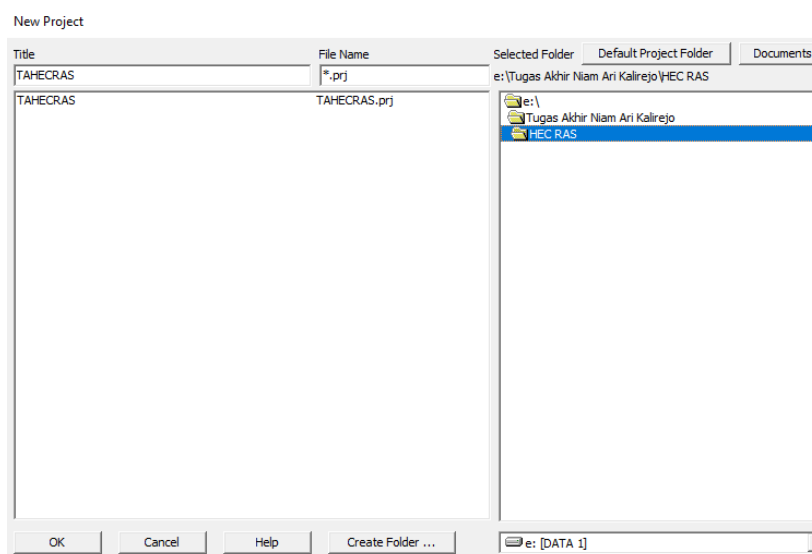
Gambar 4. 29 Grafik Rekap Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu pada DAS Jembatan

4.4 Kapasitas Saluran Existing

Untuk melakukan analisis Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Gung, penulis menggunakan program HEC-RAS Program ini digunakan untuk melakukan analisis hidraulika. Dalam program HEC-RAS dapat dimodelkan penampang sungai serta, kenaikan muka air yang terjadi dan debit yang dihasilkan.

1. Memulai Proyek Baru

Pertama dalam mengembangkan model hidrolika dengan HEC-RAS adalah menetapkan direktori yang diinginkan untuk memasukkan judul dan menyimpan pekerjaan atau proyek baru. Untuk mengawali proyek baru, buka file menu pada jendela utama HEC-RAS dan pilih New Project, Akan muncul tampilan New Project seperti pada **Gambar 4.30**.

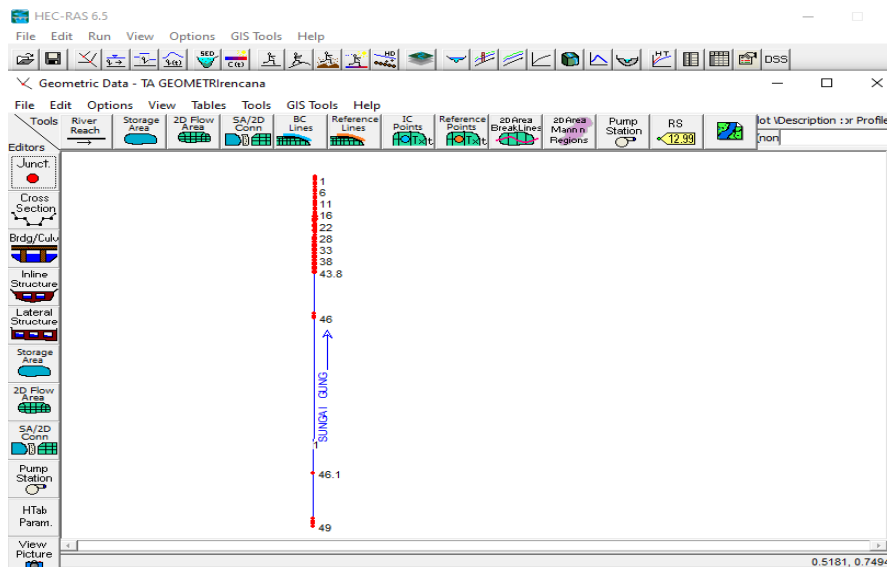


Gambar 4. 30 Tampilan New Project

Masukan judul proyek dan nama file. Nama file harus dengan ekstensi “.prj”. Kemudian tekan “OK”. Setelah tombol “OK” ditekan, muncul message box yang menampilkan judul dan directory tempat pekerjaan disimpan. Jika informasi dalam message box benar, tekan “OK”. Jika sebaliknya tekan “cancel” untuk kembali ke tampilan New Project.

2. Memasukkan data geometri

Sebelum memasukkan data geometri dan garis, perlu ditentukan sistem satuan mana (bahasa Inggris atau metrik) yang akan digunakan. Langkah ini dilakukan dengan memilih Sistem Unit dari menu Opsi di jendela utama HEC-RAS. Langkah selanjutnya adalah memasukkan data geometrik yang diperlukan, antara lain diagram sistem sungai, data penampang, dan data hidraulik bangunan. Data geometri diimpor dengan memilih Data Geometri dari menu Edit di jendela utama. Ketika opsi ini dipilih, jendela data geometri akan muncul seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.31**. (saat Anda membuka tugas baru, layar menjadi kosong).



Gambar 4. 31 Jendela Geometrik Data

3. Menggambar Skema Alur Sungai.

Langkah pertama dalam memasukkan data geometri adalah menggambar skema sistem sungai. Ini dilakukan garis demi garis, dengan menekan tombol River Reach dan kemudian menggambar alur dari hulu ke hilir (dalam arah positif). Setelah alur digambar, masukkan nama sungai dan ruas (reach). Jika terdapat pertemuan antara ruas sungai, masukan pula nama titik pertemuan (junction) tersebut.

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

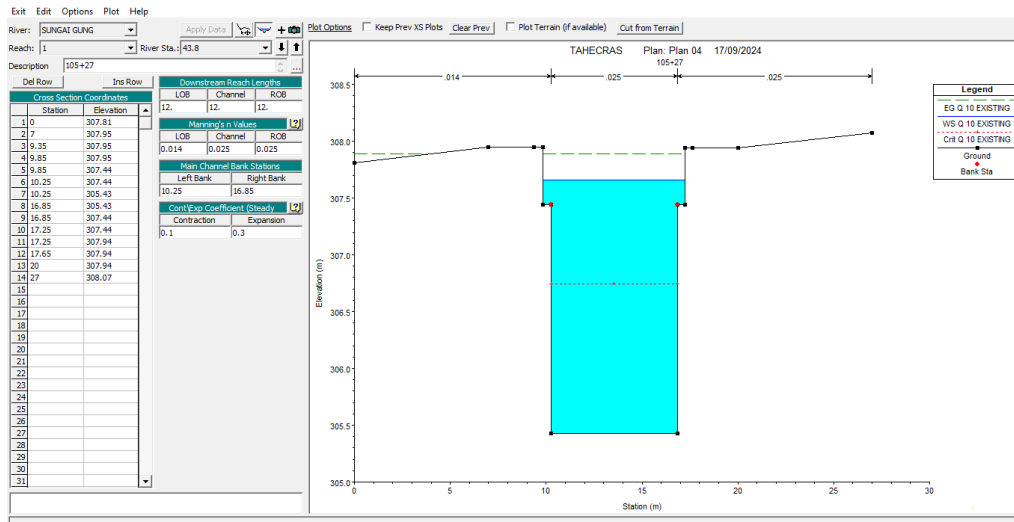
Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNRARIS IV - 47

4. Memasukkan Data. Cross Section

Setelah skema sistem sungai tergambar, selanjutnya memasukkan data cross-section dan data bangunan hidrolika. Tekan tombol Cross Section akan memunculkan editor cross section. Editor ini seperti ditampilkan pada gambar 2.7. Seperti pada tampilan, setiap cross-section memiliki nama sungai (River), ruas (Reach), River Station, dan Description, yang berfungsi untuk menggambarkan letak cross section tersebut pada sistem sungai. "River Station" tidak secara aktual menunjukkan letak cross-section pada sistem sungai (miles atau kilometer keberapa), tetapi hanya berupa angka (1,2,3,..dst.). Cross section diurutkan dari nomor river station terbesar ke nomor River Station terkecil. Pada sistem sungai, bagian dengan jumlah stasiun sungai terbesar akan ditempatkan di hulu sungai. Contoh tampilan gambar dapat dilihat pada **Gambar 4.32**



Gambar 4. 32 Jendela Editor dan Cross Section

Data input yang diperlukan untuk setiap bagian ditampilkan di Editor Data Bagian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar diatas. Langkah- langkah memasukkan data cross-sectional adalah sebagai berikut:

- 1) Pilih sungai dan segmen sungai di mana entri data bagian akan diimpor, dengan menekan panah di kotak Sungai dan Jarak.
- 2) Dari menu Opsi, pilih Tambah Bagian Baru. Muncul kotak input, masukkan jumlah stasiun sungai untuk bagian baru dan kemudian klik OK.
- 3) Masukkan semua data yang diperlukan. Data yang dibutuhkan adalah data yang terdapat pada layar editor bagian.

Tugas Akhir

Pengendalian Banjir Sungai Gung

Wilayah Kecamatan Ungaran Timur

Kabupaten Semarang

Program Studi Teknik Sipil - UNRARIS IV - 48

- 4) Masukkan informasi tambahan yang diperlukan (misalnya bendungan, hambatan aliran, dll.), melalui menu Opsi.
- 5) Tekan tombol Terapkan Data. Setelah semua data geometri telah diimport, simpan melalui Save Geometry Data As pada menu File yang terletak di antarmuka utama Geometry Data Editor.

Data-data yang dibutuhkan adalah:

- 1) Beri nama sungai (River) dan segmen sungai (Reach), dengan panah di darat di dalam kotak, pilih sungai (River) dan segmen sungai (Reach) yang ingin Anda sertakan dalam data bagian.
 - 2) Mendeskripsikan dan mengisi informasi tambahan tentang posisi penampang dalam sistem sungai.
 - 3) Koordinat XY bagian. Tabel ini digunakan untuk memasukkan informasi throttle dan ketinggian dari penampang. Bagian stasiun (santai) dimasuki dari kiri ke kanan, melihat ke hilir.
 - 4) Jarak dari penampang ke bagian bawah (panjang bentang hilir). Jarak ini dibagi menjadi jarak dari tepi kiri (LOB), saluran utama (Channel) dan tepi kanan (ROB).
 - 5) Koefisien kekasaran Manning (nilai n dari Manning), termasuk koefisien untuk tepi kiri, saluran utama dan tepi kanan.
 - 6) Stasiun bank kanal utama, yang merupakan titik terluar kanal utama.
 - 7) Koefisien kontraksi dan ekspansi
5. Memasukkan data aliran Steady flow.

Setelah semua data geometri telah diimport, langkah selanjutnya adalah mengimpor data aliran tidak stabil yang diperlukan. Pilih Data Aliran Tidak Stabil dari menu Edit di antarmuka HEC-RAS utama. Editor data aliran tidak stabil akan muncul seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.33**

Steady Flow Data - TA STEADY FLOW

File Options Help

Description : [] [Apply Data]

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): [7] Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: SUNGAI GUNG [Add Multiple...]

Reach: 1 River Sta.: 49 [Add A Flow Change Location]

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates							
River	Reach	RS	Q 2TH DESAIN	Q2TH EXISTING	q 5TH DESAIN	Q 5TH EXISTING	Q 10TH DESAIN	Q 10 EXISTING	Q Max	
1	SUNGAI GUNG	1	49	17.14	17.14	21.13	21.13	23.3	23.3	23.3
2	SUNGAI GUNG	1	48	17.14	17.14	21.13	21.13	23.3	23.3	23.3
3	SUNGAI GUNG	1	47	9.14	9.14	11	11	12	12	12
4	SUNGAI GUNG	1	46.3	8	8	10.13	10.13	11.3	11.3	11.3
5	SUNGAI GUNG	1	46.1	17.14	17.14	21.13	21.13	23.3	23.3	23.3
6	SUNGAI GUNG	1	43.8	17.86	23	19.73	28.36	22.97	31.27	37
7	SUNGAI GUNG	1	42	23.79	28.93	27.04	35.67	31.03	39.33	37
8	SUNGAI GUNG	1	11	23.79	28.93	27.04	35.67	31.03	39.33	37

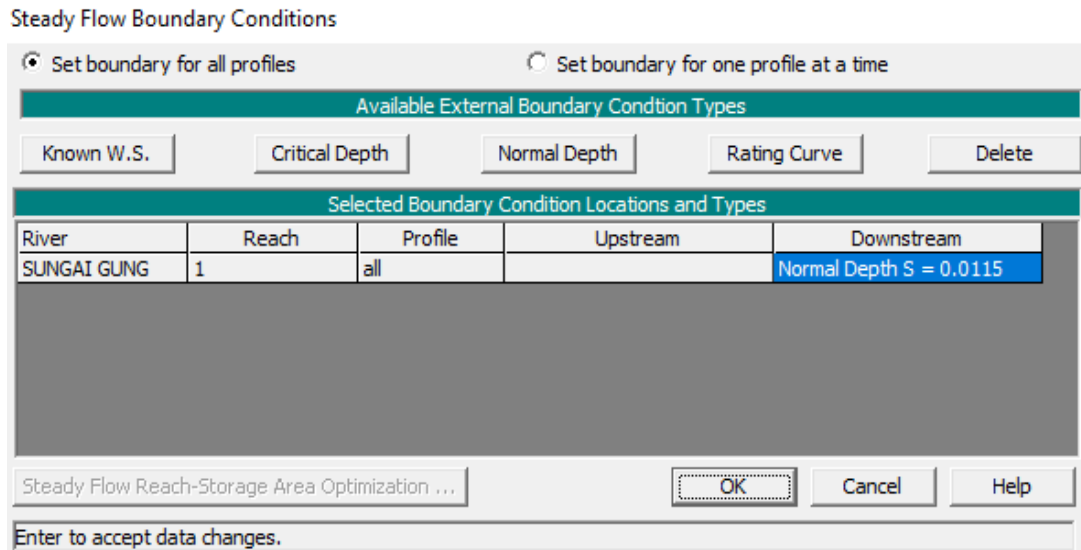
Gambar 4. 33 Jendela Editor Data Aliran Steady Flow

Untuk data-data yang diperlukan

- 1) Jumlah profil yang akan dihitung;
- 2) Data aliran maksimum; dan
- 3) Data yang diperlukan untuk kondisi batas.

Langkah pertama adalah memasukkan jumlah profil yang akan dihitung, lalu data streaming. Aliran data dimasukkan langsung ke dalam tabel. Aliran data diimpor dari hulu ke hilir. Setelah data aliran dimasukkan, ukuran aliran dianggap konstan hingga mencapai lokasi dengan nilai aliran yang berbeda. Untuk menambahkan lokasi perubahan aliran ke bagan, pilih sungai dan segmen sungai tempat Anda ingin perubahan aliran besar terjadi. Kemudian pilih stasiun yang diinginkan dan tekan Tambahkan posisi perubahan bitrate, posisi perubahan bitrate akan ditambahkan ke tabel. Setiap profil akan secara otomatis diberi nama dengan nomor profil (PF1, PF2, dll.). Nama profil ini dapat dimodifikasi melalui menu Opsi, Ubah Nama Profil. Nama catatan ini sering diganti dengan periode siklus kembalinya banjir/aliran di bawahnya, misalnya 10 tahun, 50 tahun, dst.

Setelah semua data aliran dimasukan kedalam tabel, langkah selanjutnya adalah kondisi batas yang mungkin dibutuhkan. Untuk memasukkan data kondisi batas, tekan tombol Boundary Conditions. Untuk gambar tampilannya dapat dilihat pada **Gambar 4.34**



Gambar 4. 34 Jendela Editor Kondisi Batas

Kondisi batas diperlukan untuk menentukan permukaan air mula- mula di ujung-ujung sistem sungai (hulu dan hilir). Muka air awal dibutuhkan oleh program untuk memulai perhitungan. Pada resim aliran subkritik, kondisi batas hanya diperlukan di ujung sistem sungai bagian hilir. Jika resim aliran superkritik yang hendak dihitung, kondisi batas hanya diperlukan pada ujung hulu dari sistem sungai. Jika perhitungan resim aliran campuran yang akan dibuat, kondisi batas harus dimasukkan pada kedua ujung sistem sungai. Editor kondisi batas berisi daftar tabel untuk setiap ruas. Tiap ruas memiliki kondisi batas hulu dan hilir. Kondisi batas internal secara otomatis terdaftar pada tabel, didasarkan pada bagaimana sistem sungai ditetapkan pada editor data geometri. Pengguna hanya diminta untuk memasukkan kondisi batas eksternal yang diperlukan. Untuk memasukkan kondisi batas, gunakan pointer mouse untuk memilih lokasi pada tabel yang diinginkan. Kemudian pilih kondisi batas dari empat tipe yang tersedia.

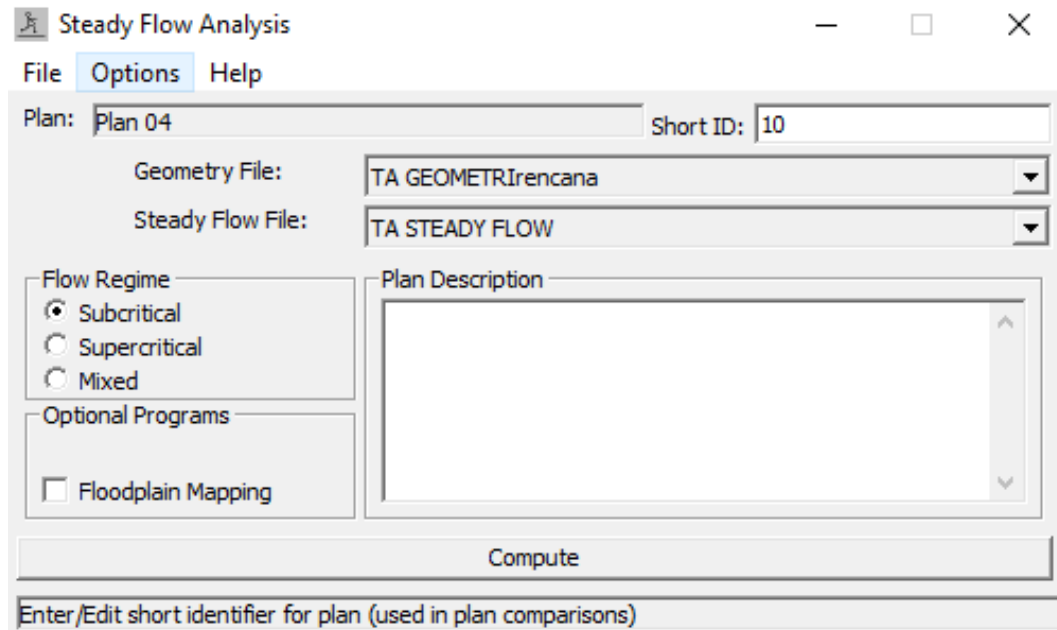
1. Menyimpan data.

Langkah terakhir dalam mengembangkan data unsteady flow adalah menyimpan informasi yang sudah dibuat. Untuk menyimpan data, pilih Safe Flow Data As dari menu File pada editor data unsteady flow.

2. Melakukan perhitungan (running data).

Setelah semua data geometri dan aliran telah diimpor, Pengguna dapat mulai menghitung penampang ketinggian air. Untuk menjalankan simulasi, pilih Analisis Aliran Stabil (stedy flow) dari menu Jalankan di antarmuka HEC- RAS utama. Layar analisis aliran stabil (stedy flow) akan muncul seperti yang ditunjukkan pada

Gambar 4.35



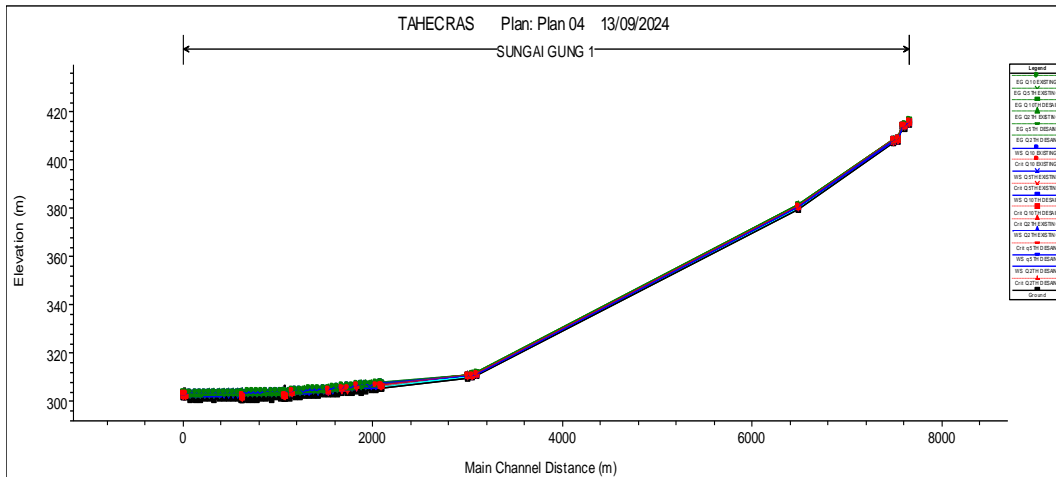
Gambar 4. 35 Tampilan Steady Flow Analysis

Sebelum melakukan perhitungan, tentukan terlebih dahulu geometri dan aliran data (rencana) yang akan dihitung. Kemudian pilih mode aliran yang diinginkan. Perhitungan dilakukan dengan menekan tombol hitung di jendela Analisis Aliran Stabil (stedy flow). Ketika tombol ini ditekan, HEC-RAS memampatkan semua data dari paket yang dipilih dan menuliskannya ke executable.

3. Output hasil data.

Setelah melakukan run data maka, selanjutnya program HEC-RAS mendapatkan beberapa data output. Namun yang akan ditampilkan disini adalah data yang sangat prinsip. Adapun data tersebut adalah :

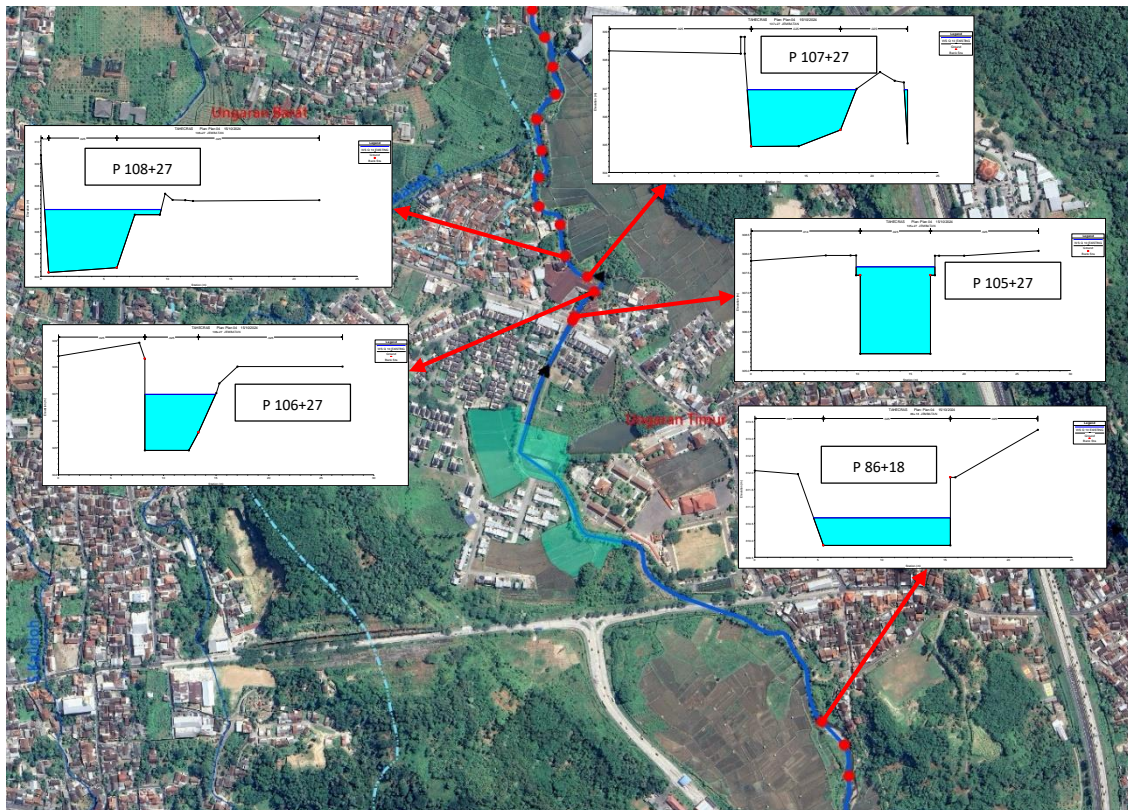
- 1) Data potongan melintang (cross section)
- 2) Data ketinggian muka air (water surface profiles)
- 3) Data potongan memanjang (long section)



Gambar 4. 36 Potongan Memanjang Sungai Gung

Sumber : HEC-RAS, 2024.

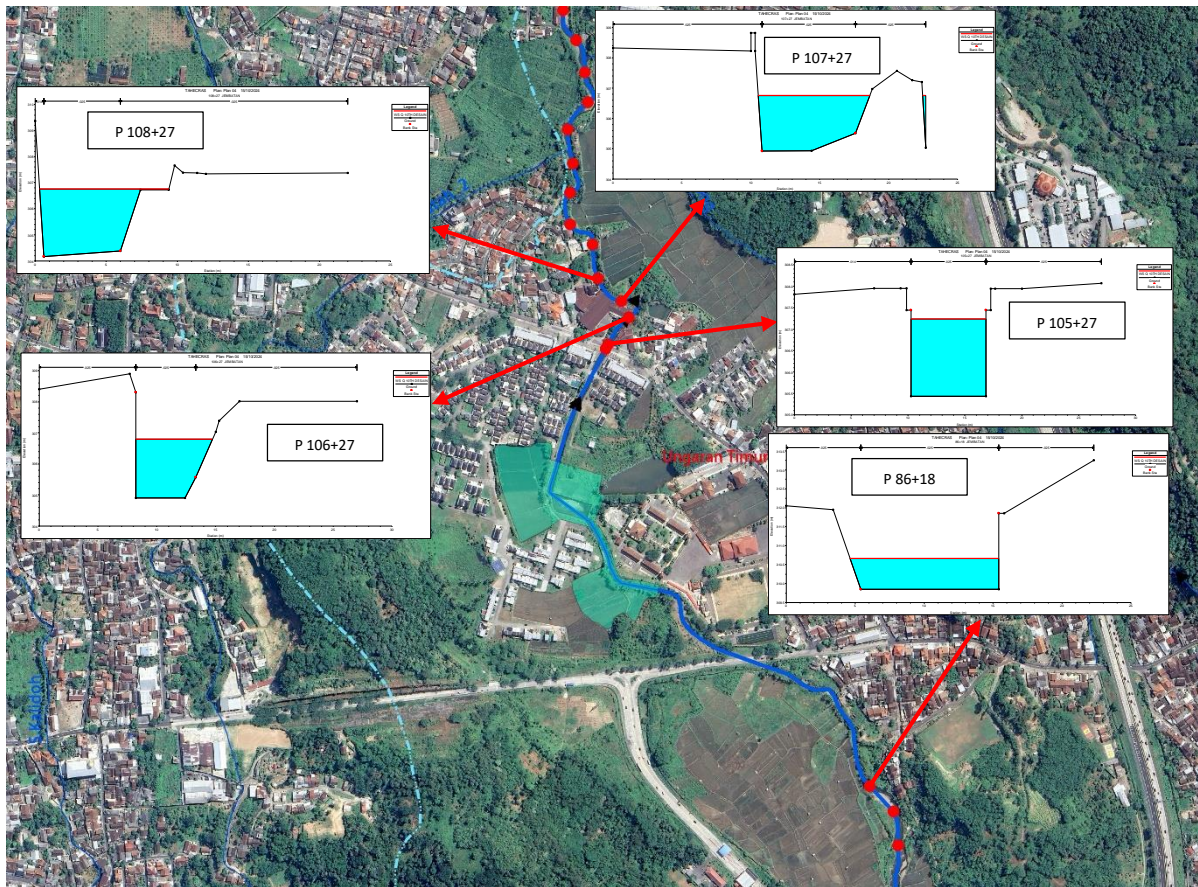
Dari hasil analisis Hec Ras dengan debit eksisting 39,33 m³/dtk pada titik P 106+27, yang mengakibatkan terjadinya limpasan di titik P 105+27 dengan ketinggian muka air berada di elevasi +307,66 ditunjukkan dengan **Gambar 4.37**



Gambar 4. 37 Profil Muka Air Kondisi Existing Pada Titik Lokasi Penelitian

Sumber : HEC-RAS, 2024.

Berdasar pada kondisi eksisting penampang sungai didapat kapasitas tampungan maksimum 37,00 m³/dtk dengan cara *trial and error* di titik P 105+27. Dari hasil analisis menggunakan hec ras setelah adanya kolam retensi dan debit yang keluar dari kolam retensi dapat diatur maksimal 15,00 m³/dtk ditambah dengan perhitungan debit kawasan pada hilir kolam retensi didapat kan debit maksimal di titik P 105+27 sebesar 21,47 m³/dtk serta debit pada titik 106+27 sebesar 29,53 m³/dtk. Kondisi ini debit rencana sudah mereduksi debit eksisting sebesar 9,80 m³/dtk. Sehingga ketinggian muka air di titik P105+27 menjadi +307,26. Sesuai dengan **Gambar 4.38**



Gambar 4. 38 Profil Muka Air Rencana Pada Titik Lokasi Penelitian

4.5 Kolam Retensi

4.5.1 Kapasitas Tampungan Kolam Retensi

Dimensi kolam retensi di rencanakan di rencanakan sebagai berikut :

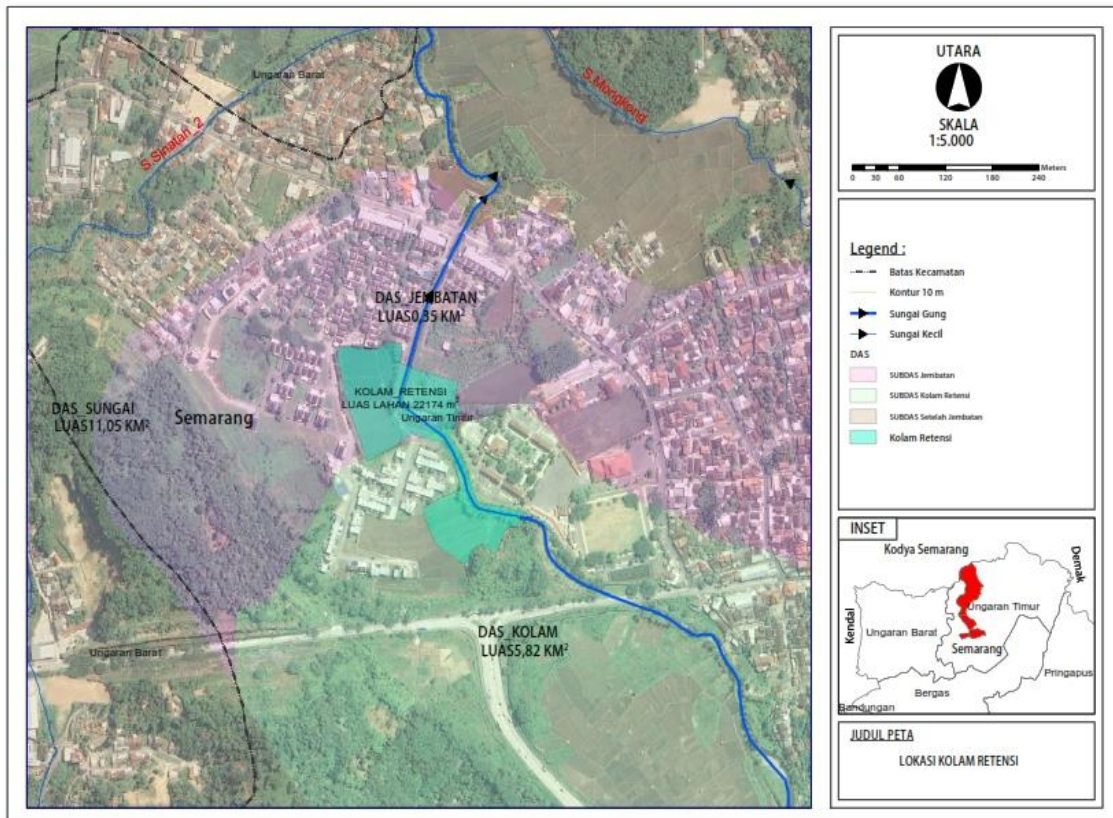
Luas atas (A1)	= 19.458 m ²	Elv Tanggul Kolam	= 308,44
Luas bawah (A2)	= 16.225 m ²	Elv Pelimpah	= 307,44
Kedalaman Kolam (H)	= 6	Elv Dasar Kolam	= 302,44

Dari data di atas akan di hitung dimensi kolam retensi :

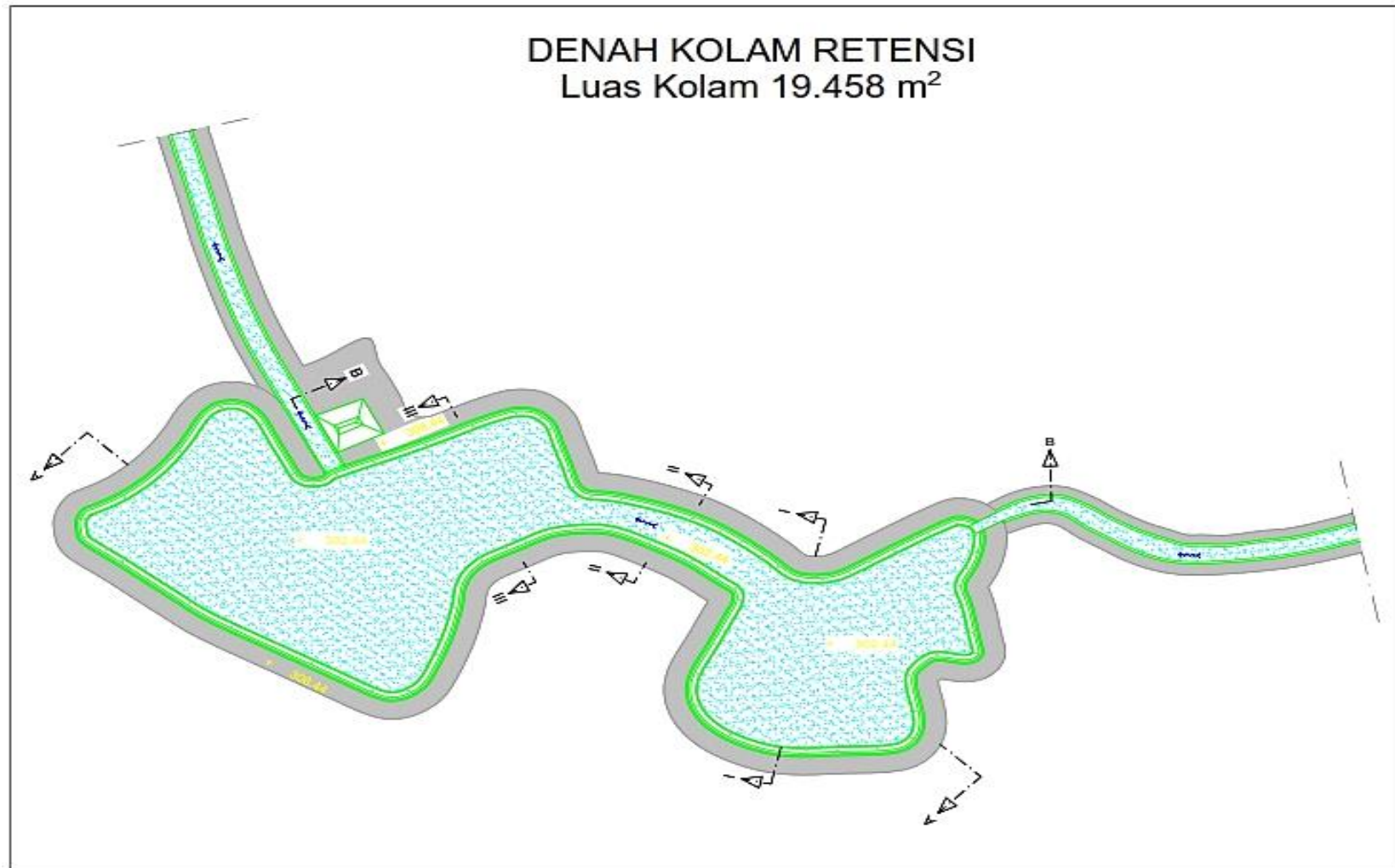
$$V = \frac{1}{2} x (A1 + A2) x H$$

$$V = \frac{1}{2} x (19.458 + 16.225) x 6$$

$$= 107.049 \text{ m}^3$$



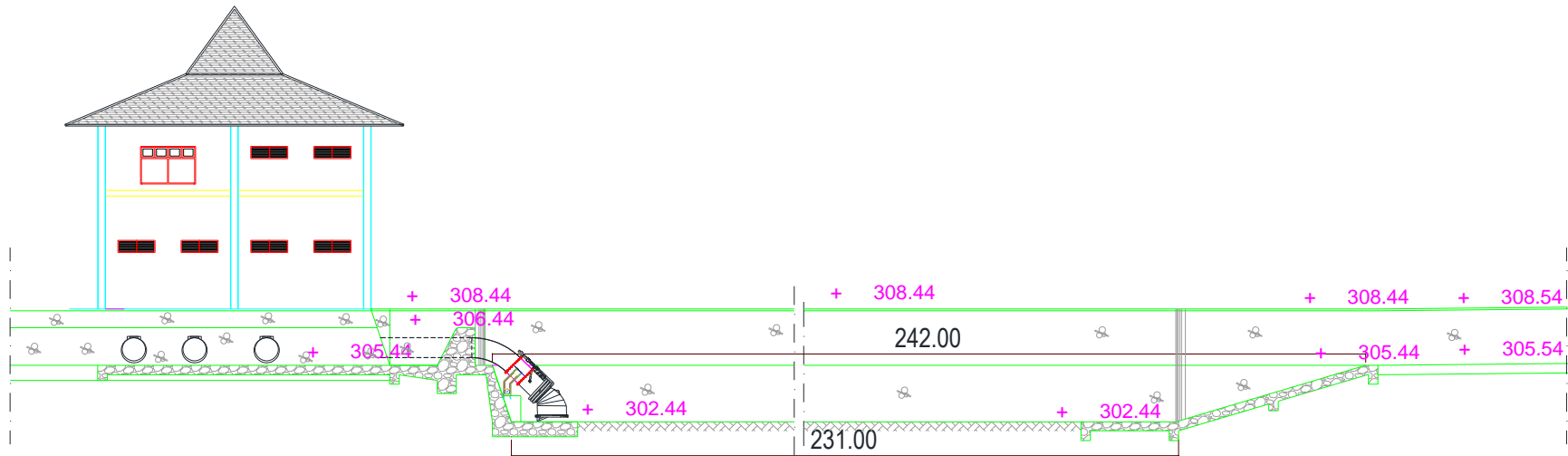
Gambar 4. 39 Lokasi Rencana Kolam Retensi



Gambar 4. 40 Gambar Rencana Kolam Retensi

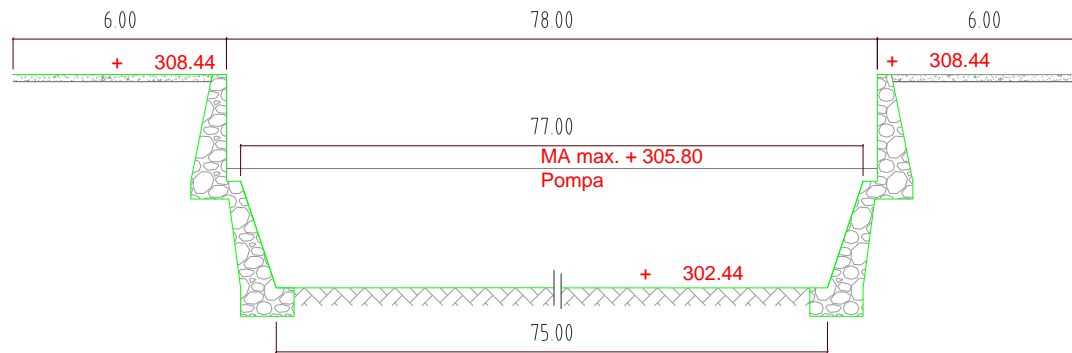


POTONGAN A - A

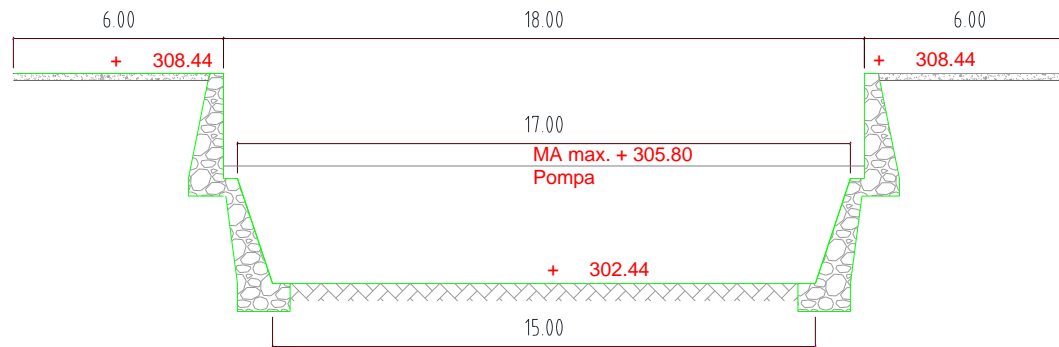


POTONGAN B - B

Gambar 4. 41 Potongan Memanjang Kolam Retensi

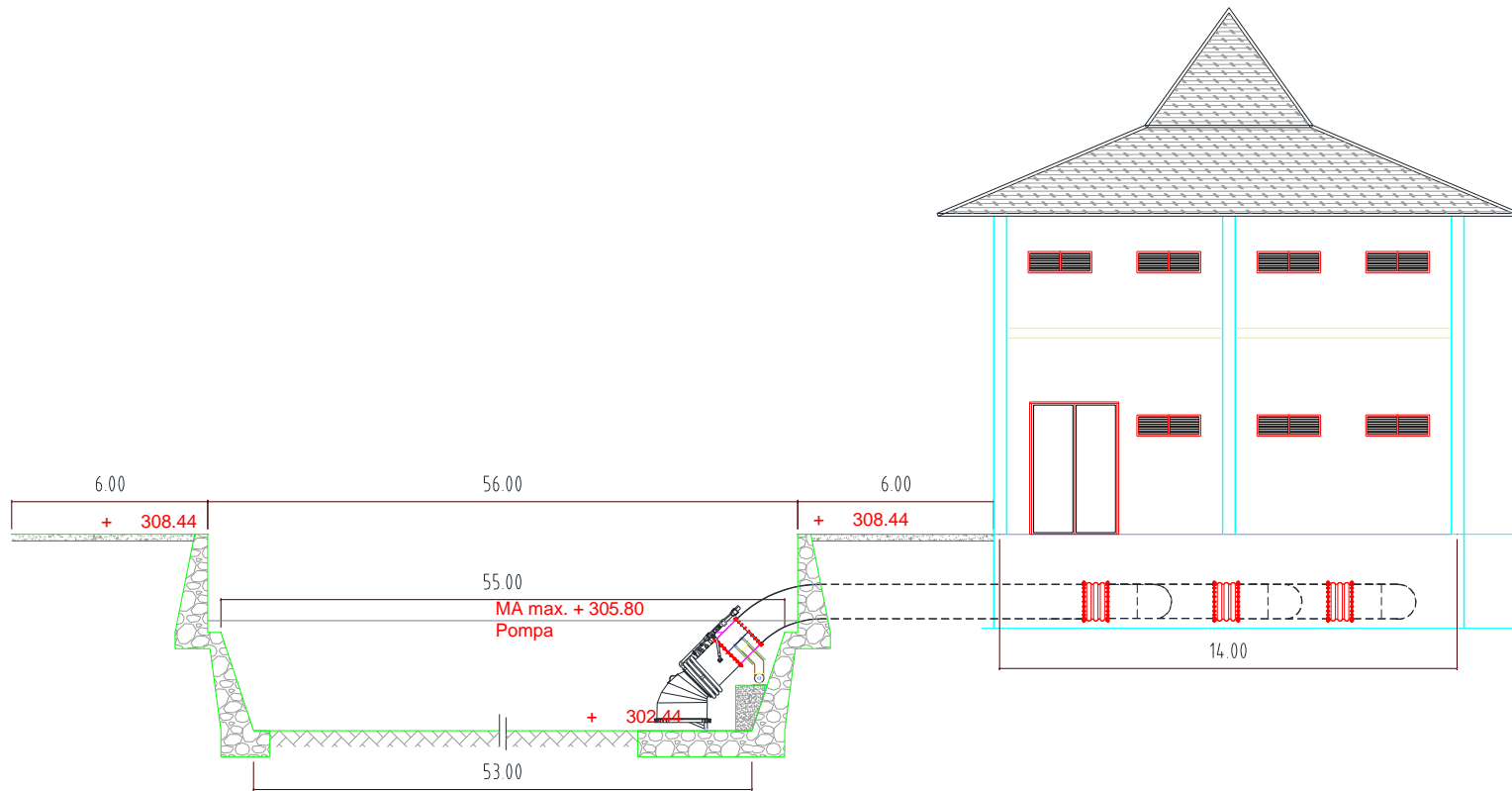


POTONGAN I - I



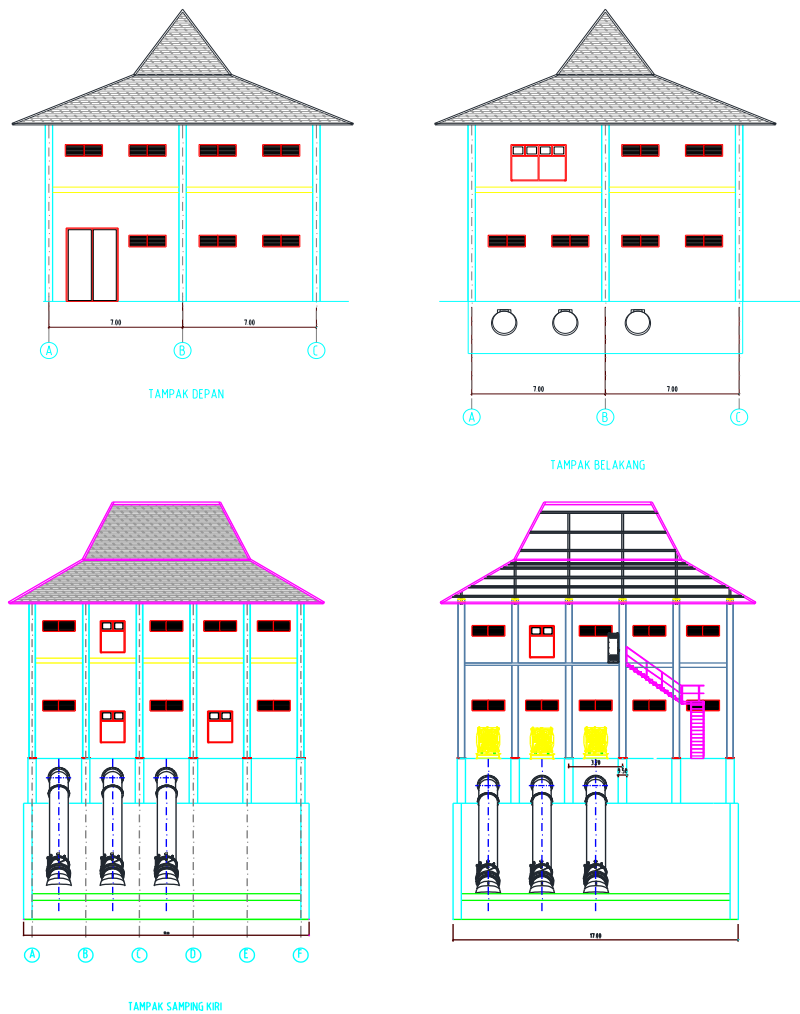
POTONGAN II - II

Gambar 4. 42 Potongan Melintang Kolam retensi

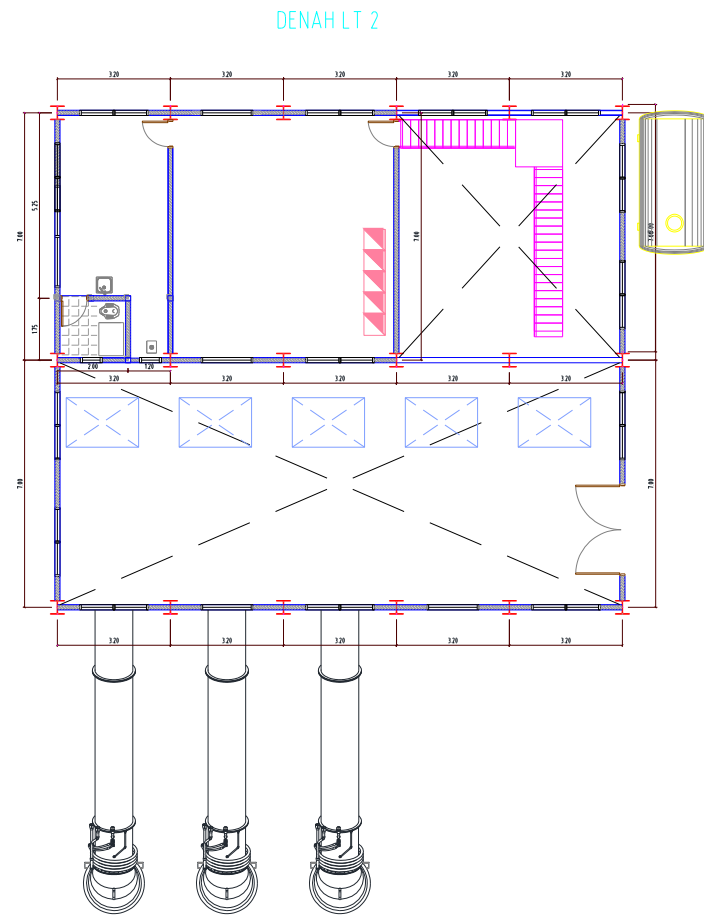
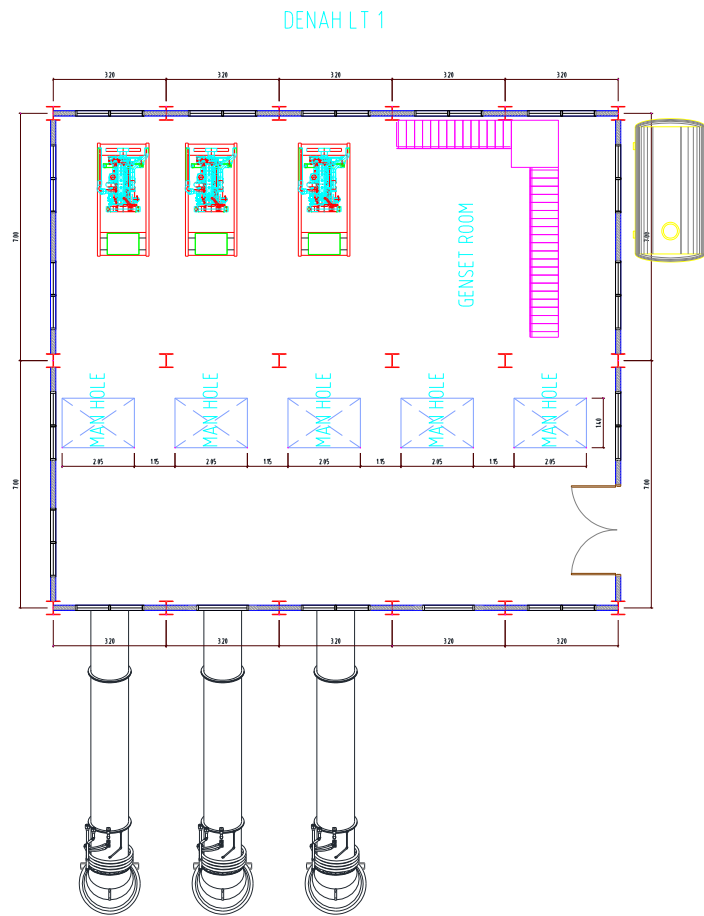


POTONGAN III - III

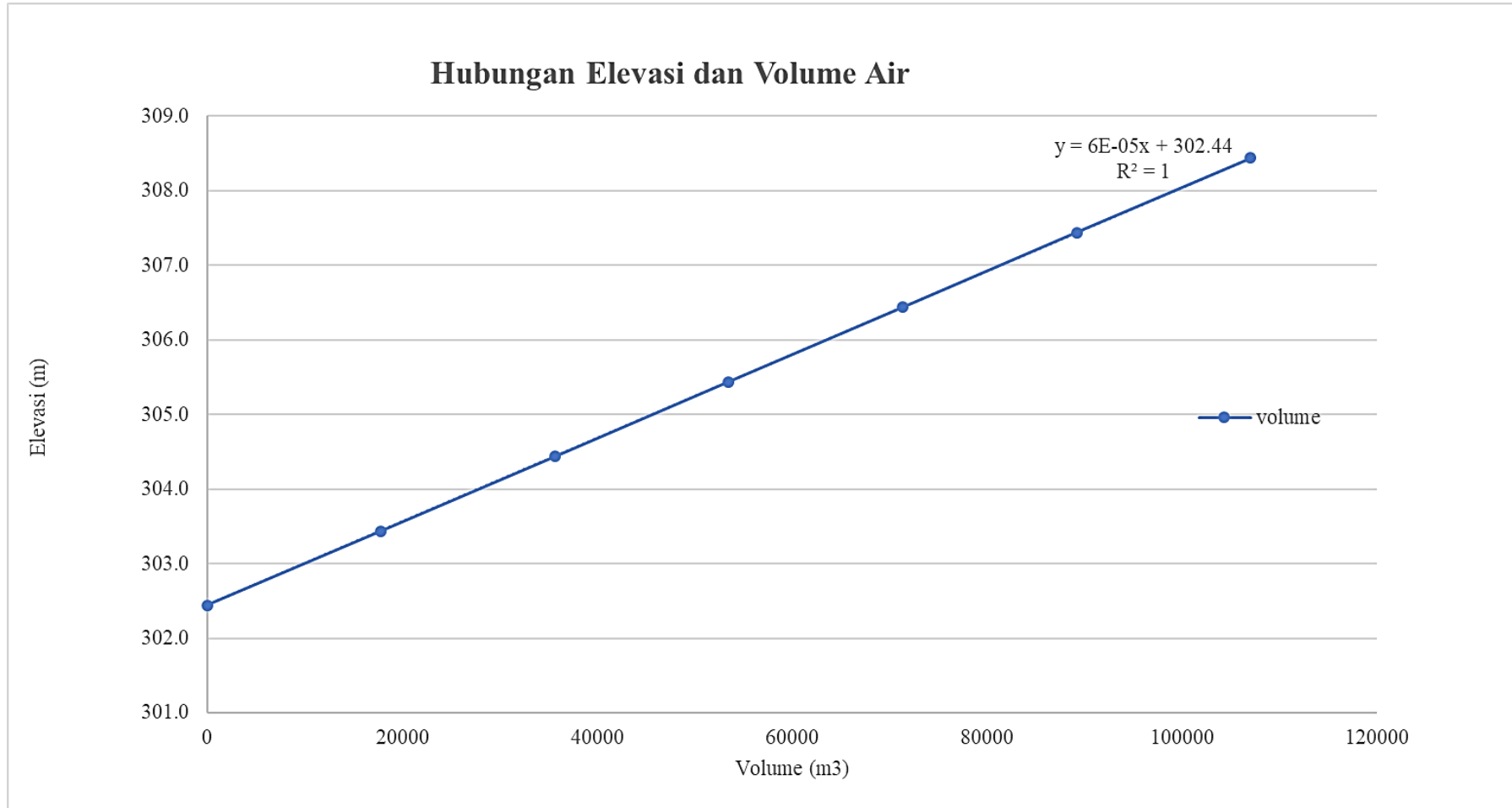
Gambar 4. 43 Potongan Melintang Kolam Retensi



Gambar 4. 44 Gambar Tampak dan Potongan Rumah Pompa



Gambar 4. 45 Denah Rumah Pompa



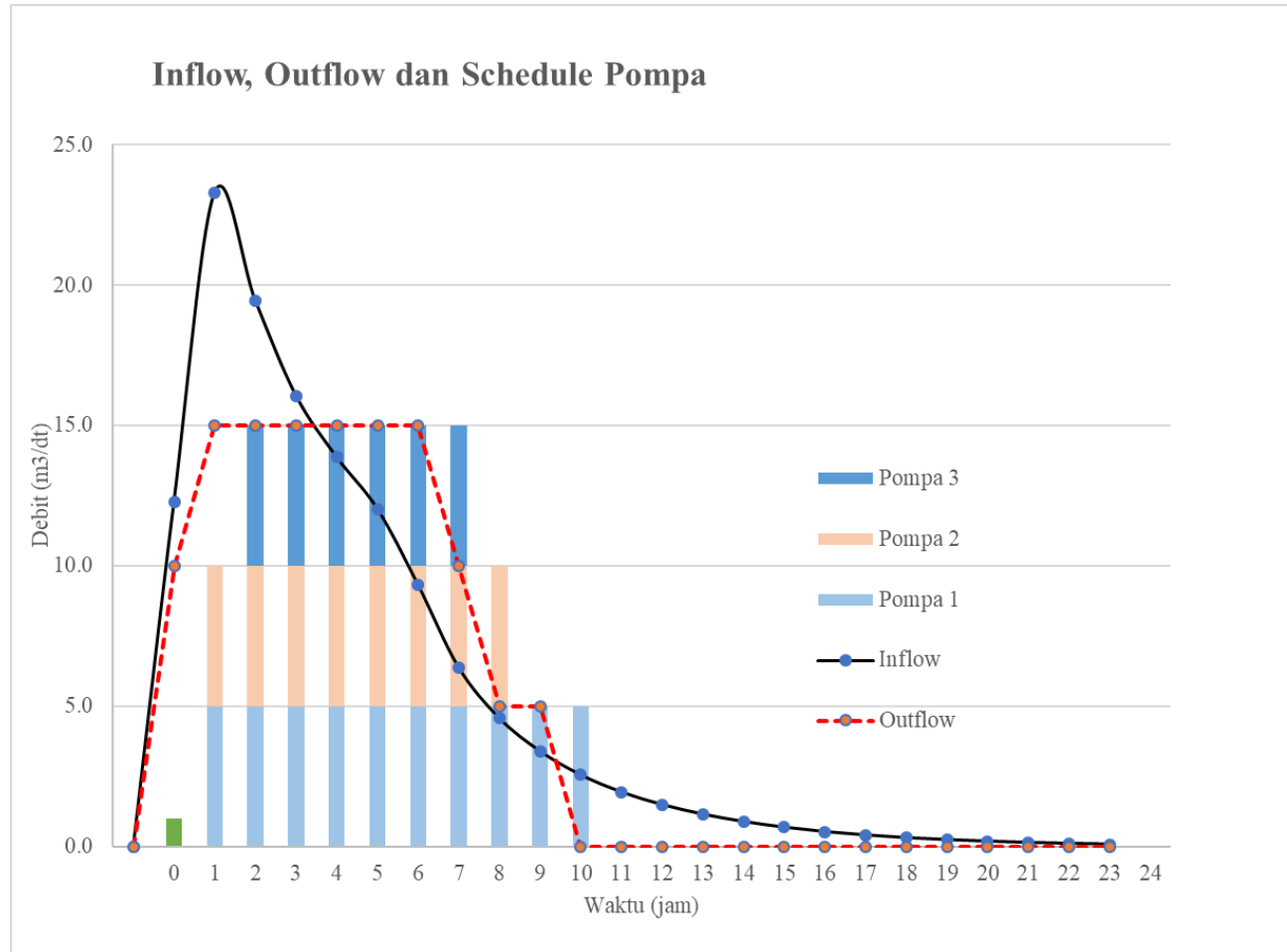
Gambar 4. 46 Grafik Hubungan Elevasi dan Volume Air dalam Kolam Retensi

Sumber : Hasil Perhitungan 2024

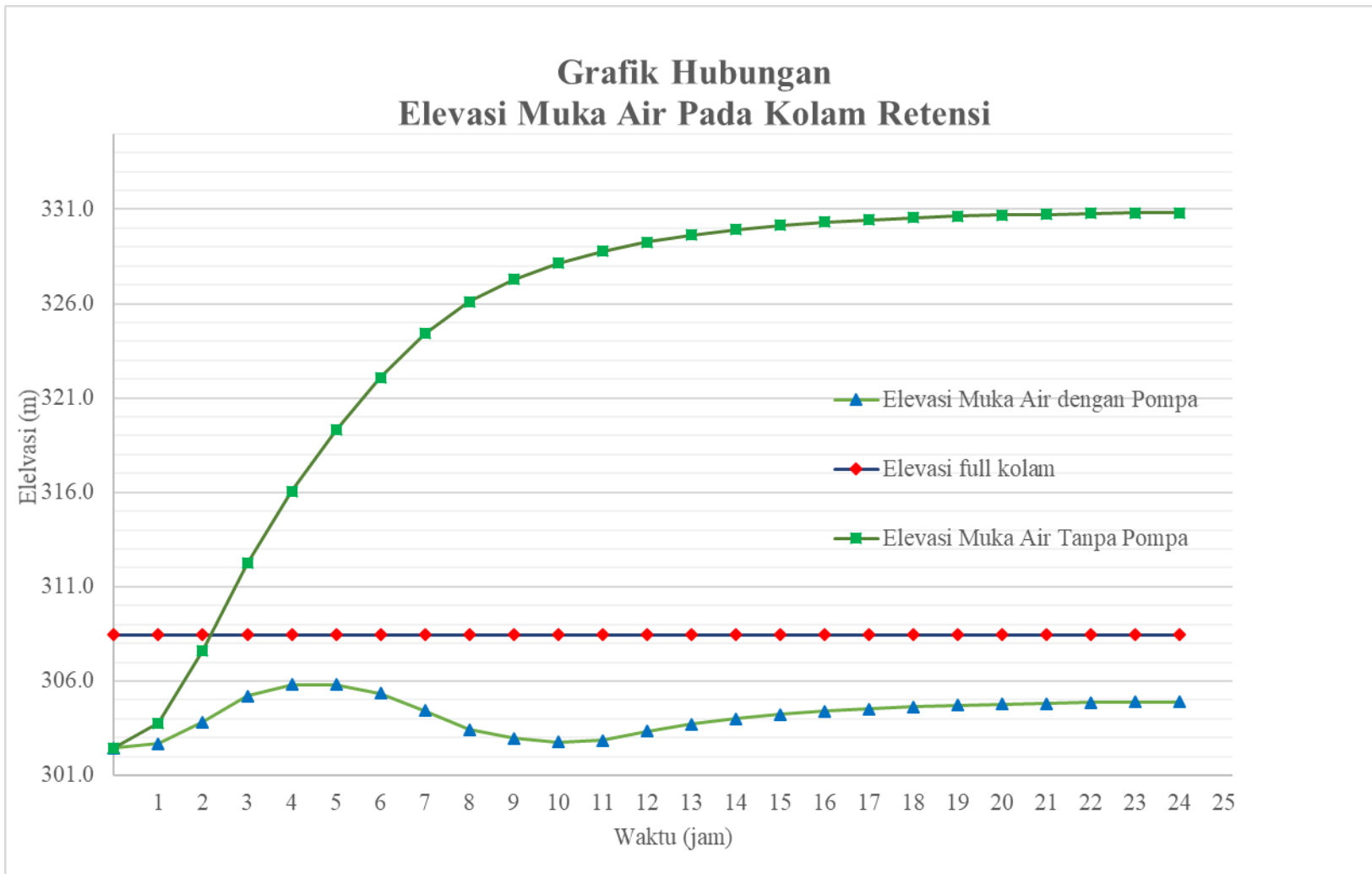
Waktu (t)	Inflow (m3/dt)	Volume Inflow (m3)	Outflow Pompa m3/dt	Komulatif Outflow Pompa m3/dt	Volume Outflow Pompa (m3)	Komulatif Volume Outflow Pompa (m3)	Volume Kolam (m3)	Elevasi Kolam (m)	Elevasi full Kolam (m)	Ket	Schedule Pompa		
											5 m3/dtk	5 m3/dtk	5 m3/dtk
											pompa 1	pompa 2	pompa 3
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	302.44	308.44	Aman	0.00	0.00	0.00
1	12.28	22,100.31	10.00	10.00	18,000	18,000	4,100	302.69	308.44	Aman	5.00	5.00	0.00
2	23.30	64,040.42	15.00	25.00	45,000	63,000	23,141	303.83	308.44	Aman	5.00	5.00	5.00
3	19.46	76,968.40	15.00	40.00	54,000	117,000	46,109	305.21	308.44	Aman	5.00	5.00	5.00
4	16.06	63,943.28	15.00	55.00	54,000	171,000	56,052	305.80	308.44	Aman	5.00	5.00	5.00
5	13.87	53,885.40	15.00	70.00	54,000	225,000	55,938	305.80	308.44	Aman	5.00	5.00	5.00
6	12.03	46,631.80	15.00	85.00	54,000	279,000	48,570	305.35	308.44	Aman	5.00	5.00	5.00
7	9.33	38,451.90	15.00	100.00	54,000	333,000	33,022	304.42	308.44	Aman	5.00	5.00	5.00
8	6.38	28,267.77	10.00	110.00	45,000	378,000	16,289	303.42	308.44	Aman	5.00	5.00	0.00
9	4.57	19,709.88	5.00	115.00	27,000	405,000	8,999	302.98	308.44	Aman	5.00	0.00	0.00
10	3.40	14,348.50	5.00	120.00	18,000	423,000	5,348	302.76	308.44	Aman	5.00	0.00	0.00
11	2.55	10,710.90	0.00	120.00	9,000	432,000	7,059	302.86	308.44	Aman			
12	1.94	8,088.95	0.00	120.00	0	432,000	15,148	303.35	308.44	Aman			
13	1.49	6,184.84	0.00	120.00	0	432,000	21,332	303.72	308.44	Aman			
14	1.15	4,769.18	0.00	120.00	0	432,000	26,102	304.01	308.44	Aman			
15	0.89	3,683.39	0.00	120.00	0	432,000	29,785	304.23	308.44	Aman			
16	0.69	2,844.81	0.00	120.00	0	432,000	32,630	304.40	308.44	Aman			
17	0.53	2,197.14	0.00	120.00	0	432,000	34,827	304.53	308.44	Aman			
18	0.41	1,696.92	0.00	120.00	0	432,000	36,524	304.63	308.44	Aman			
19	0.32	1,310.59	0.00	120.00	0	432,000	37,834	304.71	308.44	Aman			
20	0.25	1,012.21	0.00	120.00	0	432,000	38,847	304.77	308.44	Aman			
21	0.19	781.76	0.00	120.00	0	432,000	39,628	304.82	308.44	Aman			
22	0.15	603.78	0.00	120.00	0	432,000	40,232	304.85	308.44	Aman			
23	0.11	466.32	0.00	120.00	0	432,000	40,698	304.88	308.44	Aman			
24	0.09	360.16	0.00	120.00	0	432,000	41,059	304.90	308.44	Aman			

Tabel 4. 39 Tabel Perhitungan Kebutuhan Pompa Kolam Retensi

Sumber : Hasil Perhitungan 2024



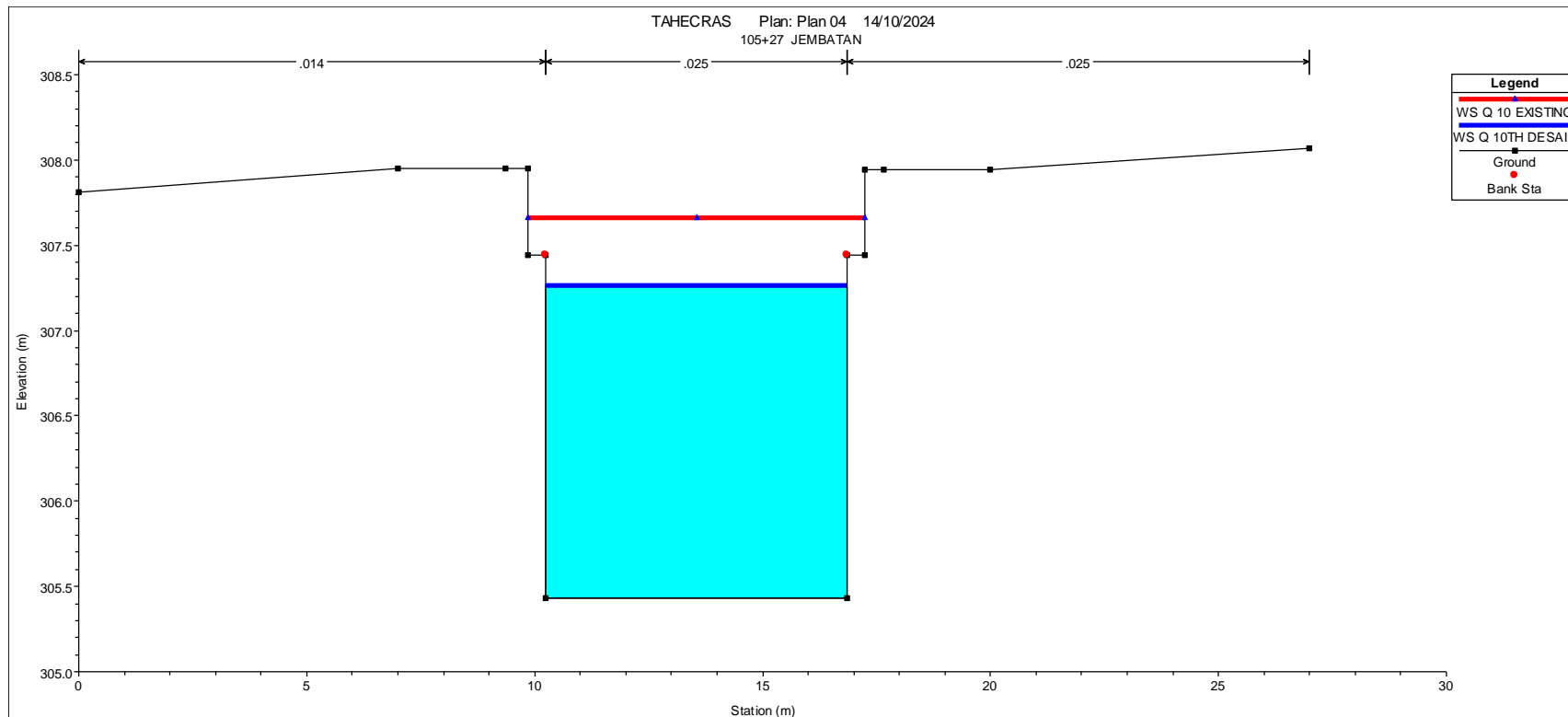
Gambar 4. 47 Grafik Hubungan Inflow, Outflow, dan Schedule Pompa



**Gambar 4. 48 Grafik Hubungan Elevasi Muka Air dengan Pompa dan Tanpa Pompa dengan Elevasi Muka Air
Kondisi Air Penuh Pada Kolam Retensi**

4.6 Analisa Profil Muka Air Sebelum dan Setelah Adanya Kolam Retensi

Untuk menganalisa ketinggian profil muka air banjir kembali menggunakan program HEC-RAS 6.5. Sebelum adanya pengendalian banjir dengan pembuatan kolam retensi di titik jembatan P 105+27 tepat di Jalan MT Haryono Kalirejo Ungaran Timur didapat debit maksimum 39,33 dan elevasi muka air banjir dengan kala ulang 10 tahun melebihi kapasitas tampung Sungai Gung yaitu di elevasi +307,66. Ketinggian profil muka air dapat dilihat **Gambar 4.49** berikut:



Gambar 4. 49 Hasil Analisa Hec Ras Pada Titik Jembatan P 105+27 Sebelum dan Setelah Adanya Kolam Retensi

Setelah adanya pengendalian banjir menggunakan kolam retensi, banjir telah tereduksi pada titik P 105+27 dimana titik tersebut sering terjadi banjir. dengan memasukkan debit yang sudah tereduksi yaitusebesar 29,53 m³/dtk pada program Hec RAS 6.5. Didapat profil muka air banjir yang tidak melebihi elevasi tanggul sungai yaitu di elevasi +307,26.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan perhitungan curah hujan maksimum rata-rata Daerah Aliran Sungai (DAS) Gung dilakukan pendekatan dengan metode *Poligon Thiessen*. Hanya Stasiun Hujan Ungaran yang berpengaruh dalam didalam Das Gung.
2. Berdasarkan parameter dan analisa frekuensi curah hujan yang dilakukan, didapat bahwa Metode Distribusi Log Person Type III merupakan hasil yang paling mendekati.
3. Berdasarkan pada analisa hidrologi yang dilakukan, didapat curah hujan rencana menggunakan metode Log Person Type III kala ulang 10 th adalah sebesar 160,03 mm.
4. Dalam perhitungan debit Banjir rencana metode Nakayasu dengan Q10th pada
 - DAS Sungai Gung total total sebesar 39,33 m³/dtk
 - DAS kolam retensi sebesar 23,30 m³/dtk
 - DAS jembatan sebesar 7,97 m³/dtk
5. Pada daerah aliran Sungai Gung dengan periode ulang Q10th total dengan kondisi eksisting yang ada pada titik jembatan atau P 105+27 hanya mampu menampung debit aliran sebesar 37 m³/dtk , sehingga kapasitas sungai tidak mampu menampung debit banjir sebesar 39,33 m³/dtk , sehingga ketika terjadi hujan di Jalan MT Haryono Ungaran Timur sering terjadi banjir.
6. Rekomendasi pengendalian banjir untuk Sungai Gung berupa pembuatan kolam retensi dan polder didalam badan sungai Gung, karena keterbatasan lahan yang ada.
7. Berdasarkan hasil analisa rekomendasi desain kolam retensi adalah sebagai berikut
 - luas kolam tampungan rencana yaitu 19.458 m²/ 1,9458 Ha
 - tinggi kolam rencana dari tanggul sungai yaitu 6 meter
 - Volume tampungan air kolam sebanyak 107.049 m³
 - direncanakan 3 pompa berkapasitas 5 m³/dtk
8. Untuk analisis Tinggi Muka Air menggunakan Program Hec Ras 6.5. dimana sebelum adanya kolam retensi di titik Jembatan P 105+27 tinggi air berada di elevasi +307,66, dan setelah adanya kolam retensi tinggi muka air berada pada elevasi +307,26

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan, maka penulis bermaksud memberikan saran terkait pengendalian banjir sungai gung wilayah kecamatan Ungaran Timur kabupaten Semarang, yaitu

1. Kelengkapan data mutlak dalam perencanaan pengendalian banjir di Sungai Gung Kabupaten Semarang sehingga perencanaan nya dapat dilaksanakan dengan baik dan sesuai apa yang akan dilaksanakan nya nanti.
2. Perlu adanya kajian dan studi lebih lanjut mengenai perhitungan kekuatan/stabilitas kolam retensi dan juga rencana rumah pompa.
3. Perlu dilakukan perhitungan terkait laju sedimentasi yang dapat mengurangi kapasitas penampang kolam retensi.
4. Perlu dibuat bangunan pelangkap berupa *Sediment Trap* sebagai bangunan penangkap sedimen pada inlet kolam retensi.
5. Perlu dilakukan pengerukan sedimentasi secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Angga. (2022). *Analisis Hidrolis Sungai Parado Menggunakan Program Hac-Ras Untuk Pengendalian Banjir*. Diakses dari <https://repository.ummat.ac.id/5897/1/1.%20COVER-BAB%203.pdf>
- Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Chow, V. Te. (1989). *Hidrolika saluran terbuka*. Erlangga. Jakarta
- DPU. (2010). *Pembuatan Kolam Retensi Dan Polder (N S P M)*.
- Fauzi, M. L. (2018). *Perencanaan Ulang Normalisasi Kali Ngotok Ring Kanal Kabupaten Mojokerto*. Departemen Teknik Sipil Institut teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Harto, S. (1993). *Analisis hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Hasmar, H. (2012). *Drainasi Terapan*. uii press. Yogyakarta
- Iskandar, F. (2012). *Variabilitas Curah Hujan dan Debit Sungai di DAK Brantas*. Universitas Indonesia. Jakarta
- J. Kadoati, R. (2013). *Rekayasa Dan Manajemen Banjir Kota*. Cv Andi Offset. Yogyakarta
- Limantara. (2010). *Hidrologi praktis*. Lubuk Agung. Bandung
- Loebis. (1993). *Hidrologi Sungai*. DPU. Jakarta
- Pradipta. (2018). *Pengaruh Pemasangan Bronjong Dengan Variasi Jarak Pada Belokan Sungai Bogowonto Menggunakan Uji Model Laboratorium*. UNY. Yogyakarta
- Sosrodarsono, & Masateru. (1985). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Pradnya Paramita. Jakarta
- Sosrodarsono, & Takeda. (1976). *Hidrologi untuk pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta
- Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi teknik*. Usaha Nasional. Surabaya
- Soewarno. (1991). *aplikasi metode statistik untuk analisa data (Jilid 1)*. Nova. Bandung
- Soewarno. (1995). *aplikasi metode statistik untuk analisa data (jilid 2)*. Nova. Bandung
- Subarkah, I. (1980). *Hidrologi untuk perencanaan bangunan air*. Idea Dharma. Bandung

Suripin. (2004). *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta

Tarigan, L. A. (2022). *Analisis Karakteristik Bentuk Aliran Sungai Tuntungan Desa Sei Beras Sekata, Kecamatan Sunggal, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara*. Jurnal Samudra Geografi Vol 5 No 1

Triatmojo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta

TribunJateng.com. (2024). *Jadi Langganan Banjir, Jalan MT Hariyono Ungaran Kabupaten Semarang Kembali Tergenang Air*. Reza Gustav Pradana. Diakses dari <https://jateng.tribunnews.com/2024/02/12/jadi-langganan-banjir-jalan-mt-hariyono-ungaran-kabupaten-semarang-kembali-tergenang-air>.

LAMPIRAN

