

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGGUNAAN METODE HSS NAKAYASU
UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI KELURAHAN SEI
SIKAMBING C II KECAMATAN HELVETIA KOTA
MEDAN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

SAYED MHD RIZA FATTAH
1307210139



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Sayed Mhd Riza Fattah

NPM : 1307210139

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Penggunaan Metode Hss Nakayasu Untuk Pengendalian Banjir Di Kelurahan Sei Sikambang C II Kecamatan Helvetia Kota Medan

Bidang ilmu : Keairan.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juli 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dr. Ir. Rumila Harahap, MT

Dosen Pembimbing II Penguji

Hj. Irma Dewi, ST, MSi

Dosen Pembanding I / Penguji

Randi Gunawan, ST, MSi

Dosen Pembanding II / Penguji

Dr. Ade Faisal, ST, MSc



Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Zulkarnain, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Sayed Mhd Riza Fattah

Tempat /Tanggal Lahir: Panyabungan Selatan / 09 Januari 1994

NPM : 1307210139

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Penggunaan Metode Hss Nakayasu Untuk Pengendalian Banjir Di Kelurahan Sei Sikambing C II Kecamatan Helvetia Kota Medan”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juli 2018



Saya yang menyatakan,

Sayed Mhd Riza Fattah

ABSTRAK

ANALISIS PENGGUNAAN METODE HSS NAKAYASU UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI KELURAHAN SEI SIKAMBING C II KECAMATAN HELVETIA KOTA MEDAN

Sayed Mhd Riza Fattah

1307210139

Dr. Ir. Rumila Harahap, MT

Hj. Irma Dewi, ST, MSi

Kota Medan adalah salah satu kota yang sangat pesat pertumbuhannya, dimana daerah pinggiran yang selama ini adalah daerah pertanian ataupun lahan kosong berubah menjadi daerah pemukiman dan perumahan penduduk, yang selama ini merupakan daerah resapan air telah berubah fungsi menjadi penyumbang banjir. Kota Medan dilintasi oleh beberapa sungai termasuk diantaranya Sungai Sei Sikambing. Sungai Sei Sikambing merupakan salah satu anakan sungai atau Sub DAS dari Sungai Deli. DAS Sei Sikambing terbentang sepanjang 42,553 km² meliputi Kabupaten/Kota Deli Serdang dan Medan. Dengan kondisi saat ini, Sungai Sei Sikambing berpotensi menimbulkan banjir di Kota Medan. Pengendalian banjir di Kelurahan Sei Sikambing C II, Kecamatan Helvetia diperhitungkan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum kawasan DAS Sei Sikambing. Data curah hujan harian maksimum dapat diperoleh dari BMKG Kota Medan atau Dinas PSDA Kota Medan. Data curah hujan harian maksimum dihitung dengan Metode Polygon Thiessen Untuk mendapatkan curah hujan maksimum rata-rata. Curah hujan harian maksimum dihitung untuk mendapatkan curah hujan rencana yang dihitung dengan Metode Distribusi Normal, Log Normal, Log Person Tipe-III dan Gumbel, sehingga dipilih analisa Distribusi Gumbel dgn simpangan terkecil. Kemudian pengolahan data dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu sehingga didapat nilai debit puncak banjir (Q_p) sebesar 1,677 m³/dtk dan debit rancangan Q_{25} sebesar 538.61 m³/dtk. Data debit rancangan Q_{25} digunakan untuk mendesain dimensi penampang sungai rencana dengan perhitungan Hidrolika sederhana. Dimensi penampang sungai yang direncanakan adalah tinggi muka air (H) sebesar 6 m dan lebar dasar sungai (B) sebesar 12,5 m sehingga didapat debit sungai rencana (Q_{sr}) sebesar 546,73 m³/dtk, maka dimensi penampang sungai rencana dapat menampung debit rancangan Q_{25} tahun.

Kata kunci: Sungai Sei Sikambing, pengendalian banjir, Hss Nakayasu.

ABSTRACT

ANALYSIS OF USING HSS NAKAYASU METHOD FOR FLOOD CONTROL IN SEI SIKAMBING C II, HELVETIA DISTRICT, MEDAN CITY

Sayed Mhd Riza Fattah
1307210139

Dr. Ir. Rumila Harahap, MT
Hj. Irma Dewi, ST, MSi

The city of Medan is one of the fastest growing cities, where the suburbs that have been farming or vacant land have been transformed into residential areas and housing residents, which has been a water catchment area has turned into a contributor to flooding. The city of Medan is crossed by several rivers including the Sei Sikambing River. The Sei Sikambing River is one of the tributaries of the river or Sub DAS of the Deli River. The Sei Sikambing watershed stretches along 42.553 km² including the Deli Serdang and Medan districts. With the current condition, Sei Sikambing River has the potential to cause flooding in Medan City. Flood control in Kelurahan Sei Sikambing C II, Helvetia District is calculated by using maximum daily rainfall data of Sei Sikambing Watershed area. Maximum daily rainfall data can be obtained from BMKG Medan City or Dinas PSDA Medan. The maximum daily rainfall data is calculated by the Polygon Thiessen Method To obtain the maximum average rainfall. The maximum daily rainfall is calculated to get the calculated rainfall plan by Normal Distribution Method, Normal Log, Type-III and Gumbel Log Person, so selected Gumbel Distribution analysis with the smallest deviation. Then processing the data by using HSS Nakayasu method to get the value of flood peak discharge (Q_p) of 1.677 m³/sec and the design debit Q_{25} of 538.61 m³/s. The design debit data Q_{25} is used to design the dimension of the river cross-section of the plan with simple hydraulic calculations. The planned river cross-sectional dimension is the water level (H) of 6 m and the width of the river bed (B) of 12.5 m so that the river flow of the plan (Q_{sr}) is 546.73 m³/sec, the dimension of the river cross-section plan can accommodate design debit Q_{25} years.

Keywords: Sei Sikambing River, flood control, Hss Nakayasu.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Penggunaan Metode Hss Nakayasu Untuk Pengendalian Banjir Di Kelurahan Sei Sikambing C II Kecamatan Helvetia Kota Medan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Rumila Harahap, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Randi Gunawan, ST, MSi selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSi selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansyuri, ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Helmi, SE, dan Fadillah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Seluruh keluarga yang telah mendoakan, mendukung, dan memberikan semangat kepada penulis hingga selesainya studi ini.
10. Bapak Asril Zevri, ST, MT saya ucapkan banyak terimakasih atas sumbangsih saran, arahan dan ilmu yang diberikan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Sahabat-sahabat penulis: Angga Prayuda Nasution, Michel Kasaf, M. Iqbal Azis Sihombing, Ali aman Siregar, M Fikri Sembiring, Zulfri Riski Saputra, Khaidir Affandi Batubara, Bayu Prasetyo, Pengeran Agung, Deni Rahmadi, M. Eka Kurniawan, kawan kawan yang lain khususnya kelas B 1 Pagi, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Juli 2018

Sayed Mhd Riza Fattah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sungai	5
2.1.1 Pengertian Sungai	5
2.1.2 Proses Terbentuknya Sungai	5
2.1.3 Bagian-Bagian Sungai	5
2.1.4 Macam-Macam Sungai	6
2.1.5 Fungsi Sungai	7
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)	9
2.2.1 Pengertian DAS	9
2.2.2 Daerah-Daerah DAS	9
2.2.3 Macam-Macam DAS	10
2.3. Banjir	10
2.3.1 Pengertian Banjir	10
2.3.2 Macam-Macam Banjir	11

2.3.3	Penyebab Banjir	12
2.3.4	Penanggulangan Banjir	14
2.4.	Kajian Pengendalian Banjir	15
2.4.1	Normalisasi Penampang Sungai	15
2.5.	Debit Aliran	16
2.6.	Intensitas Curah Hujan	17
2.7.	Penggunaan Lahan (<i>Land Use</i>)	18
2.8.	Koefisien Limpasan	19
2.9.	Waktu Konsentrasi (<i>Time of Concentration</i>)	21
2.10.	Analisa Hidrologi	21
2.10.1	Parameter Distribusi	22
2.10.2	Curah Hujan Rata-Rata Daerah	23
2.10.3	Curah Hujan Rencana	24
2.10.4	Pemilihan Jenis Sebaran	31
2.10.5	Uji Kesesuaian Distribusi Statistik	32
2.10.6	Debit Banjir Rencana	35
2.11.	Analisa Hidrolika	38
2.11.1	Analisa Penampang Eksisting	38
2.11.2	Perencanaan Penampang Sungai Rencana	40
2.11.3	Tinggi Jagaan Sungai	42
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1.	Bagan Alir Penelitian	44
3.2.	Lokasi Penelitian	45
3.3.	Pengumpulan Data	46
3.4.	Analisa Data	46
3.4.1	Analisa Hidrologi	46
3.4.2	Analisa Hidrolika	47
3.5.	Analisis Kapasitas Penampang Sungai Eksisting	47
3.6.	Perencanaan Penampang Sungai Rencana	47
3.7.	Peta Banjir	48
3.8.	Peta Lokasi Studi	48
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	51

4.1. Analisa Hidrologi	51
4.1.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata	51
4.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana	54
4.1.3 Analisa Pemilihan Distribusi Curah Hujan	66
4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi	68
4.1.5 Perhitungan Koefisien Pengaliran	70
4.1.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana	72
4.2. Analisa Hidrolika	78
4.2.1 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Eksisting	78
4.2.2 Perencanaan Penampang Sungai Rencana	81
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1. Kesimpulan	85
5.2. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel koefisien pengaliran	20
Tabel 2.2	Parameter distribusi frekuensi	22
Tabel 2.3	Nilai variabel reduksi Gauss	25
Tabel 2.4	Nilai K untuk distribusi Log-Person Type III	28
Tabel 2.5	Reduksi variasi (Y_t) sebagai fungsi periode ulang	30
Tabel 2.6	Reduksi standar deviasi (S_n)	31
Tabel 2.7	Standar deviasi (Y_n) untuk distribusi Gumbel	31
Tabel 2.8	Persyaratan metode distribusi curah hujan	32
Tabel 2.9	Nilai kritis untuk distribusi Chi-Square	33
Tabel 2.10	Nilai kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov	35
Tabel 2.11	Nilai koefisien kekasaran saluran Manning (n)	39
Tabel 2.12	Karakteristik saluran	41
Tabel 2.13	Tinggi jagaan sungai	42
Tabel 3.1	Data-data yang dikumpulkan	46
Tabel 4.1	Luas areal pengaruh stasiun hujan DAS Sei Sikambang	52
Tabel 4.2	Data curah hujan harian maksimum Stasiun Tanjung Selamat	52
Tabel 4.3	Data curah hujan harian maksimum Stasiun Sampali	52
Tabel 4.4	Curah hujan harian maksimum rata-rata Sungai Sei Sikambang	53
Tabel 4.5	Rangking curah hujan harian maksimum rata-rata	54
Tabel 4.6	Rangking curah hujan harian maksimum rata-rata	55
Tabel 4.7	Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Normal	56
Tabel 4.8	Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Normal	56
Tabel 4.9	Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Log Normal	58
Tabel 4.10	Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Normal	59
Tabel 4.11	Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Log Person Type III	60
Tabel 4.12	Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Person Type III	61

Tabel 4.13	Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Gumbel	63
Tabel 4.14	Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Gumbel	64
Tabel 4.15	Rekapitulasi hasil analisa curah hujan rencana periode ulang (T)	65
Tabel 4.16	Analisa frekuensi curah hujan	66
Tabel 4.17	Persyaratan metode distribusi curah hujan	67
Tabel 4.18	Perhitungan uji kesesuaian Chi-Kuadrat (X^2 hitung)	69
Tabel 4.19	Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov	70
Tabel 4.20	Zona penggunaan lahan DAS Sei Sikambing	71
Tabel 4.21	Nilai koefisien pengaliran DAS Sei Sikambing	72
Tabel 4.22	Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_{25} tahun	75
Tabel 4.23	Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang	77
Tabel 4.24	Dimensi penampang Sungai Sei Sikambing pada titik yang ditinjau	78
Tabel 4.25	Debit sungai (Q_s) pada titik yang ditinjau	80
Tabel 4.26	Perbandingan debit sungai (Q_s) dan debit periode ulang (Q_t)	80
Tabel 4.27	Perbandingan debit Q_{sr} dan debit Q_t	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah aliran sungai (Soewarno, 1995)	9
Gambar 2.2	Polygon Thiessen	24
Gambar 2.3	Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	37
Gambar 2.4	Penampang melintang sungai	41
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	44
Gambar 3.2	Peta Sub DAS Sei Sikambing	45
Gambar 3.3	Peta banjir pada Kelurahan Sei Sikambing C II, Kecamatan Helvetia, Kota Medan	49
Gambar 3.4	Lokasi penelitian (Google.com & Google earth)	50
Gambar 4.1	Polygon Thiessen DAS Sei Sikambing	51
Gambar 4.2	Peta rencana tata ruang wilayah Kota Medan	71
Gambar 4.3	Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang	78
Gambar 4.4	Rating kurva perbandingan debit sungai rencana dengan debit puncak periode ulang 25 tahun	83
Gambar 4.5	Dimensi penampang sungai rencana	83

DAFTAR NOTASI

A	= Luas daerah aliran sungai (km ²)
A _i	= Luas tangkapan curah hujan tiap stasiun (km ²)
A _s	= Luas penampang sungai (m ²)
B	= Lebar dasar sungai (m)
C	= Koefisien limpasan
C _k	= Koefisien Kurtosis
C _s	= Koefisien skewnes
C _v	= Koefisien Variasi
D _k	= Derajat kebebasan
E _i	= Frekuensi teoritis
G	= Koefisien kemencengan
H	= Tinggi muka air sungai (m)
I	= Kemiringan dasar sungai
K	= Jumlah kelas
K _T	= Nilai variabel reduksi Gauss
L	= Panjang Sungai (m)
Log X _T	= Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T
$\overline{\text{Log}X}$	= Nilai rata-rata dari logX
m	= Kemiringan dinding saluran
n	= Koefisien kekasaran Manning
O _i	= Frekuensi Pengamatan
P	= Keliling basah saluran (m)
Q _p	= Debit puncak banjir (m ³ /det)
Q _s	= Debit saluran/sungai (m ³ /det)
Q _{sr}	= Debit sungai rencana (m ³ /dtk)
Q _t	= Debit rancangan periode ulang T (m ³ /dtk)
R	= Jari-jari hidrolis (m)
\bar{R}	= Rata-rata curah hujan (mm)
R _i	= Curah hujan maksimum tiap stasiun (mm)

R_o	= Curah hujan satuan
S	= Standar deviasi
$S_{\log X}$	= Deviasi standar dari $\log X$
S_n	= Reduced standart deviation sebagai fungsi dari banyak data N
T_g	= Waktu konsentrasi (jam)
T_p	= Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)
T_r	= Waktu lama hujan (jam)
$T_{0,3}$	= Waktu penurunan dari debit puncak manjadi 30% dari debit puncak
V	= Kecepatan Aliran (m/dtk)
W	= Tinggi jagaan sungai (m)
\bar{X}	= Nilai rata-rata dari data hujan X (mm)
X^2	= Parameter Chi-Kuadrat yang dihitung
X^{2cr}	= Nilai Kritis Chi-Kuadrat
X_T	= Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)
Y_n	= Reduced mean sebagai fungsi dari banyak data N
Y_t	= Reduced variate sebagai fungsi dari periode ulang T

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air merupakan sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup, tetapi dalam jumlah yang sangat besar, air juga dapat menjadi masalah bagi kehidupan. Salah satu bentuk masalah yang dapat ditimbulkan oleh volume air dalam jumlah yang sangat besar adalah bencana banjir. Banjir merupakan fenomena meluapnya air sungai dan menggenangi daerah yang relatif lebih rendah, terutama di daerah sekitar sungai. Banjir dapat menjadi ancaman yang serius, terutama bagi penduduk yang menempati bantaran sungai-sungai besar atau yang tinggal di daerah dataran rendah, serta di daerah pesisir yang dekat dengan muara sungai. Banjir juga dapat terjadi di daerah perkotaan sebagai akibat tingginya urbanisasi dan tidak berfungsinya sistem saluran drainase kota.

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan istilah geografi mengenai sebatang anak sungai dan area tanah yang dipengaruhinya. DAS adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas-batas topografi secara alami sedemikian rupa, sehingga setiap air hujan yang jatuh dalam DAS tersebut akan mengalir melalui titik tertentu (titik pengukuran di sungai) dalam DAS tersebut. Penurunan mutu Daerah Aliran Sungai di Indonesia telah menjadi keprihatinan nasional. Hal ini ditandai oleh fluktuasi debit aliran sungai yang tinggi setiap tahun serta meningkatnya laju erosi dan sedimentasi. Kota Medan adalah salah satu kota yang sangat pesat pertumbuhannya, dimana daerah pinggiran yang selama ini adalah daerah pertanian ataupun lahan kosong berubah menjadi daerah pemukiman dan perumahan penduduk.

Kota Medan dilintasi oleh beberapa sungai termasuk diantaranya Sungai Sei Sikambing. Sungai Sei Sikambing merupakan salah satu anakan sungai atau Sub DAS dari Sungai Deli. Sub DAS Sei Sikambing terbentang sepanjang 42,553 km² meliputi Kabupaten/Kota Deli Serdang dan Medan. Pertumbuhan penduduk yang pesat di pinggiran DAS Sei Sikambing merubah fungsi daerah resapan air menjadi daerah berpotensi banjir di Kota Medan. Apabila masalah ini tidak ditangani segera, maka akan terjadi peningkatan laju penurunan produktivitas DAS dan

pendapatan wilayah. Banjir dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, intensitas, atau kerusakan akibat penggunaan lahan yang salah. Persoalan banjir adalah persoalan yang mesti dikaji dari hulu hingga hilir, mulai dari *upstream* hingga *downstream*. Persoalan ini muncul karena daya tampung saluran sungai lebih kecil dari debit banjir. Untuk mengatasi persoalan diatas perlu ditinjau seberapa kemampuan suatu DAS dapat menampung limpasan puncak yang terjadi dan kapasitas penampang sungai dalam menahan debit banjir tersebut.

Berdasarkan latar belakang yang ada, peneliti akan melakukan penelitian mengenai Analisis Penggunaan Metode HSS Nakayasu untuk Pengendalian Banjir di Kelurahan Sei Sikambang C II, Kecamatan Helvetia, Kota Medan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah yang harus dijawab dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah debit puncak banjir yang terjadi di DAS Sei Sikambang ?
2. Berapakah besar dimensi penampang sungai yang dibutuhkan untuk menampung debit puncak banjir akibat hujan di DAS ?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu maupun kemampuan penelitian, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi hanya untuk menghitung debit banjir puncak yang diakibatkan oleh hujan di wilayah DAS Sei Sikambang Medan.
2. Data hujan yang digunakan adalah data sekunder dari BMKG dan dianggap sudah valid sehingga tidak dilakukan lagi pengukuran ulang, data hujan yang digunakan adalah data hujan 10 tahun terakhir.
3. Peta tutupan lahan digunakan peta dari dinas dan instansi terkait dan dianggap sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya sehingga tidak dilakukan pengidentifikasian ulang.
4. Penelitian ini tidak dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui debit puncak yang menyebabkan banjir di DAS Sei Sikaming.
2. Mengetahui kapasitas penampang sungai yang mampu menampung debit puncak banjir yang terjadi di DAS Sei Sikaming.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk ilmu pengetahuan, dan penelitian ini bisa dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Untuk mengetahui kemampuan penampang sungai dalam mengendalikan banjir.

1.6 Sistematika Pembahasan

Berikut ini akan diberikan uraian singkat mengenai tiap-tiap bab yang menggambarkan keseluruhan dari tulisan ini. Terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Merupakan bab pendahuluan dari tulisan ini, yang berisi latar belakang studi, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, batasan masalah yang diangkat serta gambaran singkat dari tiap-tiap bab yang ada di dalam tulisan ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan diberikan uraian secara teoritis tentang daerah aliran sungai, debit aliran, intensitas curah hujan dan metode metode yang digunakan dalam menganalisis debit banjir.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan gambaran umum lokasi penelitian, metode penelitian yang meliputi pengumpulan data, dan pelaksanaan penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang hasil penelitian, pengolahan dan perhitungan data dan melakukan analisis terhadap hasil hasil yang telah diperoleh.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini adalah penutup dari keseluruhan penulisan yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian atau pembahasan, dan saran untuk penelitian yang telah diperoleh ataupun untuk referensi pelaksanaan studi yang berkaitan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

2.1.1 Pengertian Sungai

Sungai merupakan bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari pada permukaan tanah di sekitarnya dan menjadi media alir air menuju laut (Soewarno, 2000). Air dalam Sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan di beberapa negara tertentu air sungai juga berasal dari lelehan es/salju. Sungai menjadi bagian yang sulit dilepaskan dari kehidupan sehari-hari. Sungai tidak hanya terdapat di pedesaan namun terdapat juga di area kota. Secara umum, aliran sungai terbagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir. Masing-masing bagian sungai tersebut memiliki ciri tersendiri yang membedakan ketiganya.

2.1.2 Proses Terbentuknya Sungai

Sungai merupakan bagian di permukaan bumi yang menjadi tempat berkumpulnya air, dan air tersebut kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah. Air tersebut mengalir dan membentuk saluran. Awalnya saluran tersebut hanya berukuran kecil, namun secara proses alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang dilaluinya. Saluran air tersebut akan menimbulkan dampak-dampak seperti pengikisan, pengangkutan, penimbunan, dan pengendapan. Proses-proses tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kemiringan sungai, volume atau jumlah air dan kecepatan alirnya. Kemiringan yang lebih curam mengakibatkan tingkat pengangkutan dan pengikisan yang lebih tinggi. Akibatnya, saluran tersebut semakin lama akan semakin lebar dan panjang, dan terbentuklah sungai.

2.1.3 Bagian-Bagian Sungai

Ada beberapa bagian-bagian sungai, yaitu bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir.

a. Bagian Hulu

Sungai pada bagian hulu biasanya memiliki arus yang kuat akibat lereng yang curam. Karena arus yang kuat, pengikisan yang umum terjadi adalah pengikisan pada dasar sungai.

b. Bagian Tengah

Di bagian tengah, kekuatan arus mulai berkurang karena kecuraman lereng mulai berkurang pula. Badan sungai mulai melebar dan berkelok sehingga arus juga melambat.

c. Bagian Hilir

Di bagian hilir, kekuatan arus sudah sangat pelan. Badan sungai juga semakin lebar dibandingkan bagian-bagian sungai yang lainnya. Aliran sungai juga lemah dan membuat bentuk sungai berbentuk berkelok-kelok. Kelokan sungai sering berpindah-pindah sehingga terdapat aliran sungai yang terpotong dan membentuk cekungan air yang berbentuk tapal kuda.

2.1.4 Macam-Macam Sungai

a. Berdasarkan sumber air:

1. Sungai hujan, merupakan sungai yang berasal dari air hujan.
2. Sungai gletser, merupakan sungai yang berasal dari mencairnya es.
3. Sungai campuran, merupakan sungai yang berasal dari hujan, sumber mata air, dan pencairan es.

b. Berdasarkan debit air (Syarifuddin, 2000):

1. Sungai permanen, merupakan sungai yang debit airnya tetap sepanjang tahun.
2. Sungai periodik, merupakan sungai yang banyak airnya ketika hujan dan sedikit airnya di musim kemarau.
3. Sungai episodik, merupakan sungai yang banyak airnya ketika hujan dan kering di musim kemarau.
4. Sungai ephemeral, merupakan sungai yang hanya berair pada musim hujan.

c. Berdasarkan asal kejadian:

1. Sungai konsekuen, merupakan sungai yang aliran airnya mengikuti lereng.
2. Sungai subsekuen, merupakan sungai yang aliran airnya mengikuti bebatuan.
3. Sungai obsekuen, merupakan sungai yang arah alirannya berlawanan dengan arah lereng.
4. Sungai resekuen, merupakan sungai yang arah alirannya mengikuti kemiringan lapisan batuan dan bermuara di sungai subsekuen.
5. Sungai insekuen, merupakan sungai yang mengalir tanpa mengikuti struktur bebatuan.

d. Berdasarkan struktur geologi:

1. Sungai antedena, merupakan sungai yang arah alirannya tetap meskipun ada struktur bebatuan yang melintang.
2. Sungai superposed, merupakan sungai yang arahnya melintang dan prosesnya dibimbing lapisan batu-batuan yang menutupi.

e. Berdasarkan pola alirannya:

1. Radial sentrifugal, merupakan aliran menyebar meninggalkan pusatnya.
2. Radial sentripetal, merupakan aliran mengumpul menuju ke arah pusat.
3. Dendritik, merupakan pola aliran yang tidak teratur. biasanya terdapat di daerah dataran atau daerah pantai.
4. Trellis, merupakan pola aliran yang menyirip. Sungai semacam ini terdapat di daerah pegunungan lipatan.
5. Rektangular, merupakan pola aliran yang membentuk sudut siku-siku atau hampir siku-siku.
6. Anular, merupakan pola aliran sungai yang membentuk lingkaran.

2.1.5 Fungsi Sungai

Sungai sangat vital keberadaannya dalam kehidupan, baik bagi makhluk hidup maupun bagi lingkungan. Berikut adalah beberapa fungsi atau manfaat sungai.

a. Tempat Menampung Hujan

Manfaat utama dari sungai yaitu menampung debit air yang turun ke permukaan bumi (hujan). Air hujan akan berkumpul dan mengalir ke suatu tempat. Media utama yang mampu menampung air hujan adalah sungai atau danau.

b. Mengalirkan Air ke Dataran Rendah

Air bergerak dari tempat tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Maka, sungai bisa mengalirkan air dari dataran tinggi ke dataran rendah.

c. Tempat Hidup Suatu Ekosistem

Ekosistem adalah kumpulan tempat tinggal makhluk hidup dan pendukung-pendukungnya. Sungai bisa menjadi rumah bagi makhluk hidup di ekosistemnya.

d. Ladang Mata Pencaharian Penduduk

Sungai dapat menjadi sumber rezeki bagi masyarakat di sekitarnya dengan banyaknya keanekaragaman hayati yang terkandung di dalamnya. Penduduk yang bermata pencaharian sebagai nelayan bisa menangkap ikan yang ada di danau.

e. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sungai dapat menjadi salah satu energi yang bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Derasnya arus aliran air sungai dapat memutar kincir yang akan dihubungkan dengan generator pembangkit listrik. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk pemenuhan kebutuhan listrik sehari-hari.

f. Tempat Berolahraga dan Rekreasi

Rekreasi wisata yang berbeda bisa dirasakan sesekali jika dilakukan di daerah sungai. Udara di sekitar sungai biasanya sejuk dan jika air sungainya bersih juga mampu melahirkan rasa tenang bagi sesiapa yang memandangnya. Sungai juga bisa dijadikan sebagai sarana untuk berolahraga, seperti berenang dan arung jeram. Tentunya, jika ingin berolahraga di sungai harus mempersiapkan peralatannya dengan sempurna dan didampingi dengan orang yang berpengalaman.

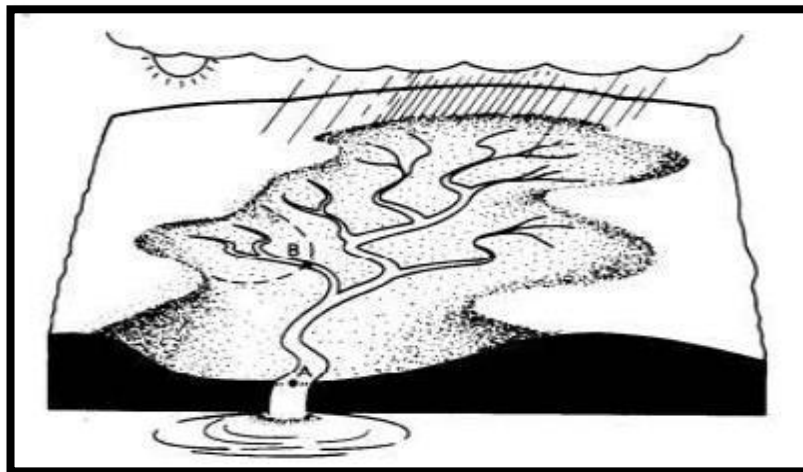
g. Pemenuhan Kebutuhan Air Sehari-hari

Penduduk di sekitar sungai juga lazim memanfaatkan sungai untuk kebutuhan sehari-hari. Jika airnya bersih, sungai bisa digunakan untuk sumber air bersih rumah tangga seperti kebutuhan mandi, mencuci, dan kebutuhan-kebutuhan lainnya.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.2.1 Pengertian DAS

Sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan setelah aliran permukaan dan mengalirkannya sampai ke laut. Oleh karena itu, sungai dapat diartikan sebagai wadah atau penampung dan penyalur aliran air yang terbawa dari DAS ketempat yang lebih rendah dan bermuara di laut, danau, atau rawa. DAS adalah suatu area dipermukaan bumi yang didalamnya terdapat system pengaliran yang terdiri dari satu sungai utama (*main stream*) dan beberapa anak cabangnya (*tributaries*), yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air dan mengalirkan air melalui satu keluaran (*outlet*) (Soewarno,1995).



Gambar 2.1: Daerah aliran sungai (Soewarno,1995).

2.2.2 Daerah-Daerah DAS

Bagian-bagian DAS dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- a. Hulu sungai, berbukit-bukit dan lerengnya curam sehingga banyak jeram.

- b. Tengah sungai, relatif landai, terdapat meander. Banyak aktivitas penduduk.
- c. Hilir sungai, landai dan subur. Banyak areal pertanian.

2.2.3 Macam-Macam DAS

Daerah aliran sungai memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda-beda. Berikut adalah macam-macam daerah aliran sungai.

- a. Daerah aliran sungai berdasarkan daya tampungnya:
 - 1. DAS gemuk, yaitu suatu DAS yang luas sehingga memiliki daya tampung air yang besar. Sungai dengan DAS seperti ini, airnya cenderung meluap bila di bagian hulu terjadi hujan deras.
 - 2. DAS kurus, yaitu DAS yang relatif tidak luas sehingga daya tampung airnya kecil. Sungai dengan DAS semacam ini luapan airnya tidak begitu hebat ketika bagian hulunya terjadi hujan lebat.
- b. Daerah aliran sungai berdasarkan bentuknya, yaitu:
 - 1. Bentuk Bulu Ayam: DAS bentuk bulu ayam memiliki debit banjir sekuensial dan berurutan. Memerlukan waktu yang lebih pendek untuk mencapai mainstream. Memiliki topografi yang lebih curam daripada bentuk lainnya.
 - 2. Bentuk Kipas: DAS berbentuk kipas memiliki debit banjir yang terakumulasi dari berbagai arah sungai dan memiliki waktu yang lebih lama daripada bentuk bulu ayam untuk mencapai mainstream. Memiliki topografi yang relatif landai daripada bulu ayam.
 - 3. Bentuk parallel/Kombinasi: DAS bentuk kombinasi memiliki debit banjir yang terakumulasi dari berbagai arah sungai di bagian hilir. Sedangkan di bagian hulu sekuensial dan berurutan.

2.3 Banjir

2.3.1 Pengertian Banjir

Pengertian Banjir adalah fenomena alam yang terjadi di kawasan yang banyak dialiri oleh aliran sungai. Sedangkan secara sederhana, banjir didefinisikan sebagai hadirnya air suatu kawasan luas sehingga menutupi

permukaan bumi kawasan tersebut. Banjir adalah aliran air yang relatif tinggi, dan tidak tertampung oleh alur sungai atau saluran (SK SNI M-18-1989-F). Dalam siklus hidrologi kita dapat melihat bahwa volume air yang mengalir di permukaan bumi dominan ditentukan oleh tingkat curah hujan, dan tingkat peresapan air ke dalam tanah.

2.3.2 Macam-Macam Banjir

a. Banjir Air

Banjir air merupakan banjir yang sering terjadi. Penyebab banjir air dikarenakan meluapnya air di danau, sungai, selokan, atau aliran air yang lainnya sehingga menyebabkan air tersebut naik dan menggenangi daratan. Biasanya banjir air disebabkan karena hujan yang terjadi secara terus-menerus sehingga mengakibatkan aliran air tersebut tidak dapat menampung air yang berlebih.

b. 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.

c. Banjir Lumpur

Banjir lumpur merupakan banjir yang mirip banjir bandang namun lumpur tersebut keluar dari dalam bumi sehingga dapat menggenangi daratan. Lumpur tersebut terkadang memiliki kandungan bahan serta gas kimia berbahaya.

d. Banjir Rob (Laut Pasang)

Pengertian banjir rob merupakan banjir yang disebabkan karena pasang air laut. Banjir rob pada umumnya melanda kota muara baru di jakarta. Pasang air

laut pada umumnya akan menahan air sungai yang menumpuk, hingga dapat menjebol sebuah tanggul dan menggenangi daratan.

e. Banjir Cileunang

Banjir cileunang merupakan salah satu macam-macam banjir. Pengertian banjir cileunang ialah suatu banjir yang mirip dengan banjir air akan tetapi banjir tersebut dikarenakan hujan yang sangatlah deras dan mempunyai debit air yang banyak. Terjadinya banjir ini sangatlah cepat, hal ini karena hujan yang terjadi sangatlah deras sehingga dapat terjadi dalam waktu cepat.

f. Banjir Lahar

Pengertian banjir lahar adalah banjir yang disebabkan karena lahar gunung berapi masih aktif saat yang meletus atau mengalami erupsi. Dari proses erupsi tersebut, gunung akan mengeluarkan lahar dingin yang dapat menyebar ke lingkungan di sekitarnya. Air yang ada dalam sungai atau danau dapat mengalami pendangkalan sehingga berdampak terkena banjir.

2.3.3 Penyebab Banjir

Saat bencana banjir terjadi, banyak orang yang kehilangan harta benda. Bahkan hingga menimbulkan korban jiwa. Oleh sebab itu, alangkah baiknya untuk mengetahui penyebab banjir supaya dapat mengambil langkah tepat guna mencegah bencana banjir tersebut. Berikut penyebab banjir yang harus Anda ketahui.

a. Penebangan Hutan Liar

Penebangan hutan secara liar yang membuat hutan menjadi gundul merupakan salah satu penyebab banjir. Hal ini karena, akar pohon memiliki fungsi untuk menyerap air. Oleh sebab itu, jika banyak pohon yang hilang maka akan dengan mudah terjadi bencana banjir.

b. Buang Sampah Sembarangan

Penyebab banjir yang satu ini sudah tidak asing lagi. Sampah yang dibuang sembarang khususnya apabila dibuang di sungai atau aliran air lainnya dapat menyumbat aliran air tersebut sehingga dapat meluap dan menyebabkan terjadinya banjir.

c. Pemukiman Di Bantaran Sungai Atau Aliran Air

Pemukiman yang didirikan di bantaran sungai mengakibatkan sungai tersebut rentan terjadi pendangkalan. Pendangkalan yang terjadi di sungai karena kebiasaan untuk membuang sampah ke sungai serta keadaan tanah di kiri kanan bangunan tersebut dapat saja ambles dan kemudian menutup sisi sungai. Sehingga sungai menjadi menyempit dan rawan banjir.

d. Dataran Rendah

Daerah-daerah yang berada di dataran rendah dapat menyebabkan banjir, hal ini karena luapan air yang mengalir dari tempat di dataran tinggi ke rendah sehingga dapat beresiko terkena banjir.

e. Curah Hujan Yang Tinggi

Penyebab banjir ini disebabkan karena faktor cuaca. Apabila terdapat daerah yang memiliki curah hujan tinggi dan terjadi berlarut-larut dalam jangka waktu lama, memiliki resiko yang besar untuk terjadi banjir terlebih jika berada di dataran rendah.

f. Drainase Yang Sudah Diubah Tanpa Memperhatikan Amdal

Drainase yang sudah diubah tanpa memperhatikan amdal yang terlebih di lingkungan perkotaan. Daerah hutan ataupun rawa yang dapat membantu untuk mencegah atau mengurangi banjir, namun dipakai untuk membangun mall atau bangunan lainnya sehingga merusak lapisan atmosfer dan akan mudah beresiko terjadinya banjir.

g. Bendungan Yang Jebol

Bendungan yang jebol adalah salah satu penyebab banjir disekitar lingkungan yang daerah tersebut kurang terawat serta mudah dirusak kelestariannya, dengan memanfaatkan sesuatu yang tidak pada tempatnya dan juga hasilnya dapat berakibat banjir bandang yang sangat merugikan.

h. Salah Sistem Kelola Tata Ruang

Penyebab banjir yang satu ini dapat mengakibatkan air sulit untuk menyerap serta alirannya lambat. Sementara air yang datang ke wilayah tersebut jumlahnya

akan lebih banyak dari yang biasanya dialirkan sehingga dapat dengan cepat terjadi banjir.

i. Tsunami

Merupakan jenis banjir air laut yang sangat besar. Tsunami merupakan penyebab banjir yang sangat merugikan. Tsunami pada umumnya dapat terjadi dikarenakan pergeseran lapisan lempeng bumi. Tingginya gelombang tsunami dapat dengan mudah menyapu daerah-daerah yang ada di sekitarnya hingga dapat menimbulkan banyak kerugian dan korban jiwa.

j. Tanah Yang Sudah Tidak Dapat Menyerap Air

Tanah yang sudah tidak dapat untuk menyerap air dapat dikarenakan beberapa faktor, salah satunya karena tanah tersebut sudah jarang ditemukan lahan hijau ataupun lahan kosong. Sehingga air tidak terserap ke dalam tanah melainkan langsung masuk ke sungai, danau, selokan, atau saluran air yang lainnya. Air yang ada dalam jumlah banyak apabila sudah tidak dapat tertampung oleh saluran air tersebut dapat menggenang serta menyebabkan banjir.

2.3.4 Penanggulangan Banjir

Banjir menjadi agenda tahunan bagi warga yang tinggal di daerah pinggiran sungai. Ada beberapa cara yang dapat kita lakukan agar dapat mengurangi banjir tahunan, yaitu dengan menanam banyak pepohonan agar air hujan tidak langsung mengalir ke sungai, tetapi tertahan pada akar pepohonan. Kandungan air pada akar pepohonan akan berfungsi sebagai reservoir di musim kemarau. Mengolah sampah dengan benar. Tidak membuang sampah ke sungai atau ke jalanan juga dapat mengurangi bahaya banjir. Jika sampah dibuang sembarangan, sampah dapat menyumbat saluran-saluran air yang ada dan mengakibatkan banjir saat hujan datang. Kesadaran masyarakat untuk berpartisipasi dalam menanggulangi banjir sangat memegang peranan penting. Kurangnya kepedulian warga dan lemahnya peran pemerintahan menjalankan peraturan yang ada, memicu masalah banjir semakin buruk dari tahun ke tahun. Berikut adalah beberapa cara untuk mengatasi banjir:

1. Menata daerah aliran-aliran air seperti sungai, danau, dan lain sebagainya sesuai dengan fungsinya.
2. Tidak membuang sampah sembarangan ke danau, sungai, selokan.
3. Tidak membangun rumah ataupun bangunan dibantaran sungai.
4. Lakukan pengerukan sungai.
5. Perlu dilakukan reboisasi atau penghijauan hutan.
6. Sistem pemantau dan peringatan apabila terjadi bencana harus dibangun di daerah yang rawan banjir.

2.4 Kajian Pengendalian Banjir

Banjir dengan pola rambatan yang cepat yang biasa disebut dengan banjir bandang (*flash flood*) adalah banjir yang terjadi karena antara lain runtuhnya suatu bendungan, runtuhnya gunung es atau hujan dengan intensitas yang cukup besar terjadi di daerah hulu dan membanjiri daerah hilir. Pengendalian banjir merupakan upaya manusia dalam mengontrol pola rambatan banjir terhadap satuan waktu sehingga meningkatkan rasa aman pada masyarakat sekitar. Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan upaya non-fisik maupun fisik. Upaya non-fisik mencakup penghijauan di hulu sungai, pengelolaan dan penataan lahan serta peningkatan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan. Sedangkan upaya fisik dapat berupa normalisasi sungai dan saluran, pembuatan waduk dan embung di daerah hulu sungai, pembuatan kolam penampung di daerah hilir sungai, pembuatan sistem polder atau penggunaan teknologi lainnya. Pengendalian banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara, namun yang penting adalah dipertimbangkan secara keseluruhan dan dicari sistem yang optimal. Adapun cara penanganan banjir yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah normalisasi saluran sungai.

2.4.1 Normalisasi Penampang Sungai

Normalisasi sungai merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran dari sungai itu sendiri. Penanganan banjir dengan cara ini dapat dilakukan pada hampir seluruh sungai di bagian hilir. Faktor-faktor yang perlu pada cara penanganan ini adalah penggunaan penampang ganda dengan debit

dominan untuk penampang bawah, perencanaan alur yang stabil terhadap proses erosi dan sedimentasi dasar sungai maupun erosi tebing dan elevasi muka air banjir. Pekerjaan normalisasi penampang sungai pada penelitian ini meliputi kegiatan yang terdiri dari:

1. Perhitungan debit banjir rencana.
2. Analisa kapasitas awal sungai (*existing capacity analysis*).
3. Perhitungan penampang melintang dan memanjang sungai rencana.
4. Menentukan tinggi jagaan.

2.5 Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam system satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Asdak, 2010). Pengukuran debit sungai dikatakan secara tidak langsung apabila kecepatan alirannya tidak diukur langsung, akan tetapi dihitung berdasarkan rumus hidraulis debit dengan rumus Manning, Chezy, serta Darcy Weisbach. Salah satu rumusnya yaitu rumus Manning dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.1)$$

$$Q = A \times V \quad (2.2)$$

Dimana:

Q = Debit air (m³/detik)

A = Luas Penampang (m²)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

R = Jari-jari hidrolis

S = Slope / kemiringan

n = Koefisien Dasar saluran

Pada sungai-sungai yang besar, penggunaan alat ukur yang diterapkan di laboratorium menjadi tidak praktis, dan pengukuran debit dilakukan dengan suatu

alat pengukuran kecepatan aliran yang disebut pengukur arus (*current meter*). Suatu hubungan tinggi muka air debit, atau kurva debit (*rating curve*). Kurva debit biasa juga disebut lengkung aliran dibuat memplot debit yang diukur terhadap tinggi muka air pada saat pengukuran (Sangsongko, 1985).

2.6 Intensitas Curah Hujan

Perhitungan debit banjir dengan metode rasional memerlukan data intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut terkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan mm/jam. Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak begitu luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas, jarang sekali dengan intensitas yang tinggi tetapi dapat berlangsung dengan durasi yang cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi yang panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit. Besarnya intensitas curah hujan tidak sama di segala tempat. Hal ini dipengaruhi oleh topografi, durasi dan frekuensi di tempat atau lokasi yang bersangkutan. Ketiga hal ini dijadikan pertimbangan dalam membuat lengkung IDF (*Intensity Duration Frequency*). Lengkung IDF ini digunakan dalam metode rasional untuk menentukan intensitas curah hujan rata-rata dari waktu konsentrasi yang dipilih. Namun pembuatan lengkung IDF ini cukup sulit dan membutuhkan banyak data curah hujan sehingga secara 17 periode perlu diperbaharui bila ada tambahan data dan hal ini akan memakan waktu yang cukup lama bila dilakukan secara manual. Kurva frekuensi intensitas lamanya adalah kurva yang menunjukkan persamaan dimana t sebagai absis dan I sebagai ordinat. Kurva ini digunakan untuk perhitungan limpasan (*run off*) dengan rumus rasional dan untuk perhitungan debit puncak dengan menggunakan intensitas curah hujan yang sebanding dengan waktu pengaliran curah hujan dari titik paling atas ke titik yang ditinjau di bagian hilir daerah pengaliran itu (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian

(mm) empiris menggunakan Metode Mononobe, intensitas curah hujan (I) dalam rumus rasional dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$I = \frac{R24}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (2.3)$$

Dimana:

R = Curah hujan rancangan setempat (mm)

t = Lamanya curah hujan (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

2.7 Penggunaan Lahan (*Land Use*)

Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada suatu objek dan merupakan hasil akhir dari setiap bentuk campur tangan kejadian (intervensi) manusia terhadap lahan di permukaan bumi yang bersifat dinamis dan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan hidup baik material maupun spiritual.

Perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir bila di bandingkan dengan faktor lain. Perlu pula diketahui bahwa perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada aliran permukaan. Hujan yang jatuh ke tanah, airnya akan menjadi aliran permukaan di atas tanah dan sebagian meresap ke dalam tanah tergantung kondisi tanahnya (Kodoatie dan Sjarief, 2008).

Faktor penutupan lahan vegetasi cukup signifikan dalam pengurangan atau peningkatan aliran permukaan. Hutan yang lebat mempunyai tingkat penutup lahan yang tinggi, sehingga apabila hujan turun ke wilayah hujan tersebut, faktor penutupan lahan ini memperlambat kecepatan aliran permukaan, bahkan biasa terjadi kecepatannya mendekati nol. Ketika suatu kawasan hutan menjadi pemukiman, maka penutupan lahan kawasan ini akan berubah menjadi penutupan lahan yang tidak mempunyai resistensi untuk menahan aliran. Yang terjadi ketika hujan turun, kecepatan air akan meningkat sangat tajam di atas lahan ini. Namun resapan air yang masuk ke dalam tanah relatif tetap kecuali lahannya berubah. Kuantitas totalnya berubah karena tergantung dari luasan penutup lahan (Kodoatie dan Sjarief, 2008).

Perubahan tata guna lahan pada kawasan konservasi menjadi kawasan terbangun dapat menimbulkan banjir, tanah longsor dan kekeringan. Banjir adalah aliran/genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa (Asdak, 2010).

Aliran/genangan air ini dapat terjadi karena adanya luapan-luapan pada daerah di kanan atau kiri sungai akibat alur sungai tidak memiliki kapasitas yang cukup bagi debit aliran yang lewat (Asdak, 2010). Hal tersebut terjadi karena pada musim penghujan air hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air (*catchments area*) tidak banyak yang dapat meresap ke dalam tanah melainkan lebih banyak melimpas sebagai debit air sungai. Jika debit sungai ini terlalu besar dan melebihi kapasitas tampung sungai, maka akan menyebabkan banjir. Peta penggunaan lahan berisi tentang distribusi batas-batas penggunaan lahan seperti hutan, sawah air, kebun rawa (Kodoatie dan Sjarief, 2008).

2.8 Koefisien Limpasan

Koefisien ditetapkan sebagai rasio kecepatan maksimum pada aliran air dari daerah tangkapan hujan. Koefisien ini merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Nilai C tergantung pada beberapa karakteristik dari daerah tangkapan hujan, yang termasuk didalamnya:

1. Relief atau kelandaian daerah tangkapan.
2. Karakteristik daerah, seperti perlindungan vegetasi, tipe tanah dan daerah kedap air.
3. Storage atau karakteristik detention lainnya.

Besarnya aliran permukaan dapat menjadi kecil, terlebih bila curah hujan tidak melebihi kapasitas infiltrasi. Selama hujan yang terjadi adalah kecil atau sedang, aliran permukaan hanya terjadi di daerah yang jenuh di dalam suatu DAS atau langsung jatuh di atas permukaan air. Apabila curah hujan yang jatuh di atas permukaan air jumlahnya lebih besar dari jumlah air yang dibutuhkan, maka barulah bisa terjadi aliran permukaan. Apabila hujan yang terjadi kecil, maka hampir semua curah hujan yang jatuh terintersepsi oleh vegetasi yang lebat (Kodoatie dan Sjarief, 2008).

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menampilkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan itu merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 - 1.

Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa air hujan mengalir sebagai aliran permukaan (Kodoatie dan Sjarief, 2008). Koefisien limpasan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 + \dots C_n \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 \dots A_n} \quad (2.4)$$

Dimana:

A_1, A_2, A_3 = Luas daerah pengaliran sesuai dengan kondisi permukaan

C_1, C_2, C_3 = Koefisien pengaliran sesuai dengan tipe kondisi permukaan

Besarnya angka koefisien pengaliran pada suatu daerah dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Tabel koefisien pengaliran.

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan 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
	• Tanah berbutir kasar	0.10 – 0.20
	• Batuan massif keras	0.70 – 0.85
	• Batuan masif lunak	0.60 – 0.75
4.	Daerah perkotaan	0.70 – 0.95
5.	Daerah pinggir kota	0.60 – 0.70
6.	Daerah industri	0.60 – 0.90
7.	Pemukiman padat	0.40 – 0.60

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
8.	Pemukiman tidak padat	0.40 – 0.60
9.	Taman dan kebun	0.20 – 0.40
10.	Persawahan	0.45 – 0.60
11.	Perbukitan	0.70 – 0.80
12.	Pegunungan	0.75 – 0.90

2.9 Waktu Konsentrasi (*Time of Concentration*)

Salah satu parameter penting yang dibutuhkan di dalam perhitungan analisis hidrologi dan penelusuran banjir adalah penentuan waktu konsentrasi, yaitu waktu yang dibutuhkan suatu aliran air dari sumber hingga mencapai titik kontrol yang dianalisis. Persamaan yang cukup terkenal untuk menghitung waktu konsentrasi adalah persamaan Kirpich (Gunawan, 2014):

$$t_c = 3,97 L^{0,77} S^{-0,385} \quad (2.5)$$

Sedangkan modifikasi dari persamaan tersebut adalah:

$$t_c = 14,6 L A^{-0,1} S^{-0,2} \quad (2.6)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi (menit)

L = Panjang sungai (km)

S = Kemiringan dasar sungai

2.10 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. Dalam

penelitian ini analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir.

2.10.1 Parameter Distribusi

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data, meliputi Rata-rata, Simpangan baku, Koefisien variasi, dan Koefisien skewness (kecondongan atau kemencengan). Parameter distribusi debit banjir digunakan untuk perhitungan estimasi debit banjir dengan periode ulang tertentu dari data debit banjir maksimum tahunan yang ada.

Tabel 2.2: Parameter distribusi frekuensi.

Parameter	Sampel	Populasi
Rata-rata Debit Banjir	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\mu = E(X) = \int_{-x}^x x f(x) dx$
Simpangan Baku	$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$	$\sigma = \left\{ E[(x - \mu)^2] \right\}^{\frac{1}{2}}$
Koefisien Variasi	$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$	$Cv = \frac{\sigma}{\mu}$
Koefisien skewness	$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$	$\gamma = \frac{E[(x - \mu)^3]}{\sigma^3}$
Koefisien Curtosis	$Ck = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$	

Dimana:

x_i = nilai kejadian/variabel ke-i

n = jumlah kejadian variable

2.10.2 Curah Hujan Rata-Rata Daerah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sri Harto, 1993). Curah hujan ini disebut curah hujan daerah dan dinyatakan dalam mm. Dengan melakukan penakaran pada suatu stasiun hujan hanyalah didapat curah hujan di suatu titik tertentu. Bila dalam suatu area terdapat penakar curah hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-ratanya. Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata daerah adalah Metode Poligon Thiessen.

- Metode Poligon Thiessen

Poligon Thiessen digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata. Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Meskipun belum dapat memberikan bobot yang tepat sebagai sumbangan satu stasiun hujan untuk hujan daerah, metode ini telah memberikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak stasiun hujan. Metode Poligon Thiessen ini akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aritmatik, akan tetapi penentuan stasiun pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil. Metode ini termasuk memadai untuk menentukan curah hujan suatu wilayah, tetapi hasil yang baik akan ditentukan oleh sejauh mana penempatan stasiun pengamatan hujan mampu mewakili daerah pengamatan. Metode ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5000 km². Metode poligon thiessen dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{((A1 \times R1) + (A2 \times R2) + (A3 \times R3))}{A \text{ total}} \quad (2.7)$$

Dimana:

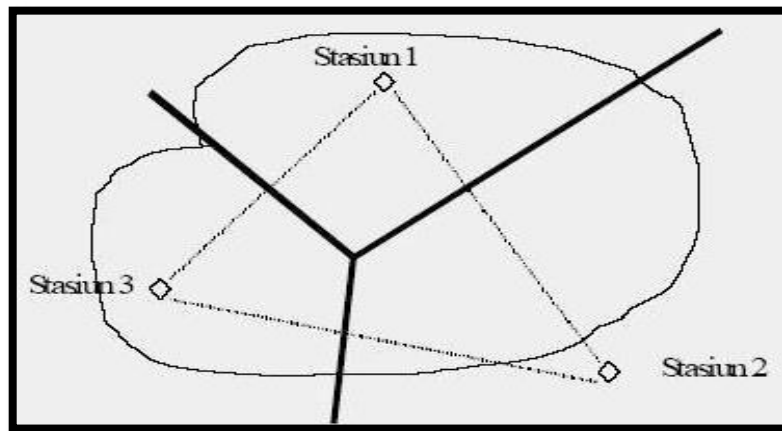
\bar{R} = Rata-rata curah hujan

A1 = Luas tangkapan curah hujan R1

A2 = Luas tangkapan curah hujan R2

A3 = Luas tangkapan curah hujan R3

R = Curah hujan pada stasiun 1, 2, dan 3



Gambar 2.2: Poligon Thiessen.

2.10.3 Curah Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Untuk mendapatkan curah hujan rancangan (R_t) dilakukan melalui analisa frekuensi curah hujan. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan 4 jenis distribusi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi. Metode distribusi yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rencana adalah sebagai berikut.

1. Metode Distribusi Normal

Distribusi Normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Fungsi densitas peluang normal (PDF = *probability density function*) yang paling dikenal adalah bentuk Bell dan dikenal sebagai Distribusi Normal.

Rumus untuk menghitung hujan rencana dengan Distribusi Normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T S \quad (2.8)$$

Dimana:

X_T = hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = nilai rata-rata dari data hujan (X) mm

K_T = faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T (lampiran tabel Variabel Reduksi Gauss)

S = Standar Deviasi dari data hujan (X) mm

Untuk memudahkan perhitungan, maka nilai Faktor frekuensi K_T umumnya sudah tersedia dalam tabel, yang umum disebut sebagai tabel nilai variabel reduksi Gauss (*Variable reduced Gauss*).

Tabel 2.3: Nilai variabel reduksi Gauss.

No.	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
1.	1,001	0,999	-3,05
2.	1,005	0,995	-2,58
3.	1,010	0,990	-2,33
4.	1,050	0,950	-1,64
5.	1,110	0,900	-1,28
6.	1,250	0,800	-0,84
7.	1,330	0,750	-0,67
8.	1,430	0,700	-0,52
9.	1,670	0,600	-0,25
10.	2,000	0,500	0
11.	2,500	0,400	0,25
12.	3,330	0,300	0,52
13.	4,000	0,250	0,67
14.	5,000	0,200	0,84
15.	10,000	0,100	1,28
16.	20,000	0,050	1,64
17.	50,000	0,020	2,05
18.	100,000	0,010	2,33

Tabel 2.3: *Lanjutan.*

No.	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	K_T
19.	200,000	0,005	2,58
20.	500,000	0,002	2,88
21.	1000,000	0,001	3,09

2. Metode 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-Pearson Type III akan menjadi distribusi Log Normal apabila nilai Koefisien kemencengan $CS = 0,00$.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Log Normal adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log}X} + (K_T S_{\text{Log}X}) \quad (2.9)$$

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{log}X_i}{n} \quad (2.10)$$

$$S_{\text{Log}X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{log}X_i - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} \quad (2.11)$$

Dimana:

$\text{Log } X_T$ = Nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T

$\overline{\text{Log}X}$ = Nilai rata-rata dari $\text{log}X$

$S_{\text{Log}X}$ = Deviasi standar dari $\text{Log}X$

K_T = Faktor frekuensi (Variabel Reduksi Gauss)

3. Metode Distribusi Log-Person Type III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi ke dalam bentuk logaritmik, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal. Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai

untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log Normal untuk banjir puncak, distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya. Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person Type III (LP. III).

Tiga parameter penting dalam LP. III yaitu (i) harga rata-rata; (ii) simpangan baku; dan (iii) koefisien kemencengan. Yang menarik, jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Langkah-langkah perhitungan distribusi Log Pearson III adalah:

- Mengubah data kedalam bentuk logaritmis, $X = \log X$.
- Menghitung nilai rata-rata:

$$\text{Log}\bar{X} = \frac{\sum \log X_i}{n} \quad (2.12)$$

- Menghitung simpangan baku (Deviasi Standar):

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.13)$$

- Menghitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.14)$$

- Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus:

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K.s \quad (2.15)$$

Dimana:

$\text{Log}\bar{X}$ = Nilai rata-rata varian

s = Simpangan baku (Deviasi standar dari logX)

G = Koefisien kemencengan

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

X = variable

K = Variabel standar (*standardized variable*)

Dimana K adalah variabel standar (*standardized variable*) untuk X, yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

Tabel 2.4: Nilai K untuk distribusi Log-Person Type III.

Koef. G	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

Koef. G	Periode Ulang (Tahun)							
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
	Presentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

4. Metode Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (*Coefisien of skwennes*) atau $CS = 1,139$ dan koefisien kurtosis (*Coeficient Curtosis*) atau $Ck < 4,002$. Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial (Soewarno,1995). Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut:

- Mengitung standar deviasi:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.16)$$

Dimana:

S_x = Standar deviasi

X_i = Curah hujan rata-rata

\bar{X} = Harga rata-rata

n = Jumlah data

- Menghitung nilai faktor frekuensi (K):

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (2.17)$$

Dimana:

K = Faktor frekuensi

Y_t = Reduksi variasi (*Reduced variated*)

Y_n = Harga rata-rata (*standard deviation*)

S_n = Reduksi standar deviasi (*Reduced standard deviation*)

- Menghitung hujan dalam periode ulang T tahun:

$$X_t = \bar{X} + (K S_x) \quad (2.18)$$

Dimana: X_t = Hujan dalam periode ulang tahun

\bar{X} = Harga rata-rata

K = Faktor Frekuensi

S_x = Standar deviasi

Tabel 2.5: Reduksi variasi (Y_t) sebagai fungsi periode ulang.

Kala Ulang (Tahun)	Faktor Reduksi (Y_t)	Kala Ulang (Tahun)	Faktor Reduksi (Y_t)
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	6,9087

Tabel 2.6: Reduksi standar deviasi (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	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Tabel 2.7: Standar deviasi (Yn) untuk distribusi Gumbel.

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	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5486	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	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5509	0,5510	0,5611

2.10.4 Pemilihan Jenis Sebaran

Ketentuan dalam memilih metode distribusi yang akan digunakan bisa dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Persyaratan metode distribusi curah hujan.

No	Metode Distribusi	Syarat
1.	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2.	Log Normal	$C_s \approx 0,763$ $C_v \approx 3$
3.	Log Person Type III	$C_s \neq 0$ $C_k \neq 0$
4.	Gumbell	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$

2.10.5 Uji Kesesuaian Distribusi Statistik

Untuk menentukan kesesuaian distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut, maka diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 , yang dapat dihitung dengan rumus:

$$\chi_k^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.19)$$

Dimana:

χ_k^2 = Parameter Chi-Kuadrat yang dihitung

k = Jumlah kelas

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada kelas ke – i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada kelas ke – i

Langkah-langkah perhitungan sebaran data curah hujan (*Chi Square Test*):

- Menghitung jumlah kelas dengan rumus:

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2.20)$$

Dimana: K = Jumlah kelas

n = Banyaknya data

- Membuat kelompok-kelompok kelas sesuai dengan jumlah kelas.
- Menghitung frekuensi pengamatan $O_i = n/\text{jumlah kelas}$.
- Mencari besarnya curah hujan yang masuk dalam batas kelas (E_i).
- Menghitung parameter chi-kuadrat.
- Menentukan X^2_{cr} dari tabel dengan menentukan taraf signifikan (α) dan derajat kebebasan (v).

Menyimpulkan hasil dari tabel perhitungan apabila $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$ maka distribusi terpenuhi dan apabila nilai $X^2_{hitung} > X^2_{cr}$ maka distribusi tidak terpenuhi.

Tabel 2.9: Nilai kritis untuk distribusi Chi-Square (Lily Montarcih, 2009).

d^k	α derajat kepercayaan							
	$t_{0,995}$	$t_{0,99}$	$t_{0,975}$	$t_{0,95}$	$t_{0,05}$	$t_{0,025}$	$t_{0,01}$	$t_{0,005}$
1	0,039	0,160	0,098	0,393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,100	0,201	0,506	0,103	5,991	6,783	9,210	10,597
3	0,717	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	24,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,598
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267

Tabel 2.9: Lanjutan.

d ^k	α derajat kepercayaan							
	t _{0,995}	t _{0,99}	t _{0,975}	t _{0,95}	t _{0,05}	t _{0,025}	t _{0,01}	t _{0,005}
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	6,884	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,852
20	7,434	8,260	9,591	10,851	34,410	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	40,298	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	42,920	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	48,920

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian ini menghitung besarnya jarak maksimum secara vertikal antara pengamatan dan teoritisnya dari distribusi sampelnya. Uji simpangan ini dikatakan berhasil jika simpangan horizontal yang dinyatakan dengan $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ (teoritis)

Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
- Menghitung persamaan empiris dengan persamaan weibull.

$$P \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.21)$$

Dimana:

P = peluang (%)

m = Nomor Urut data

n = Jumlah Data

- Mencari nilai G dengan rumus:

$$G = \frac{(\log xi - \log x)}{si} \quad (2.22)$$

- Mencari harga Pr melalui tabel distribusi Log Pearson Type III.
- Menghitung nilai P(x):

$$P(x) = 100 - Pr \quad (2.23)$$

- Menghitung selisih Sn(x) dan P(x):

$$\Delta_{maks} = [sn(x) - P(x)] \quad (2.24)$$

- Mencari besarnya simpangan teoritis (Δ_{kritis}) melalui tabel Smirnov-Kolmogorov (hubungan antara jumlah data (n) dengan probabilitas).
- Membandingkan nilai Δ_{maks} dengan Δ_{kritis} jika $\Delta_{maks} < \Delta_{kritis}$ berarti uji ini berhasil dan jika $\Delta_{maks} > \Delta_{kritis}$ berarti gagal.

Tabel 2.10: Nilai kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov (Lily Montarcih, 2009).

Ukuran Sampel (n)	Level Of Significance α (%)			
	20	10	5	1
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,322	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

2.10.6 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya banjir pada suatu kawasan dengan

penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir terbesar. Banjir rencana ini secara teoritis hanya berlaku pada satu titik di suatu ruas sungai, sehingga pada sepanjang ruas sungai akan terdapat besaran banjir rencana yang berbeda. Metode perhitungan dilakukan dengan berbagai metode bergantung pada data-data yang tersedia dan karakteristik dari data yang ada. Metode yang akan digunakan dalam analisis ini adalah Metode HSS Nakayasu.

a. Metode HSS Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS. Untuk membuat suatu hidrograf banjir pada sungai, perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut.

Adapun beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti:

1. Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*).
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*).
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*).
4. Luas daerah tangkapan air.
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
6. Koefisien pengaliran.

Rumus dari HSS Nakayasu adalah:

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \quad (2.25)$$

Dimana:

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

C = Koefisien pengaliran

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

R_0 = Hujan satuan (mm)

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

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

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

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (2.26)$$

$$T_{0,3} = a t_g \quad (2.27)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (2.28)$$

T_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).

T_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km : $t_g = 0,21 L^{0,7}$ (2.29)

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km : $t_g = 0,4 + 0,058 L$ (2.30)

Dimana:

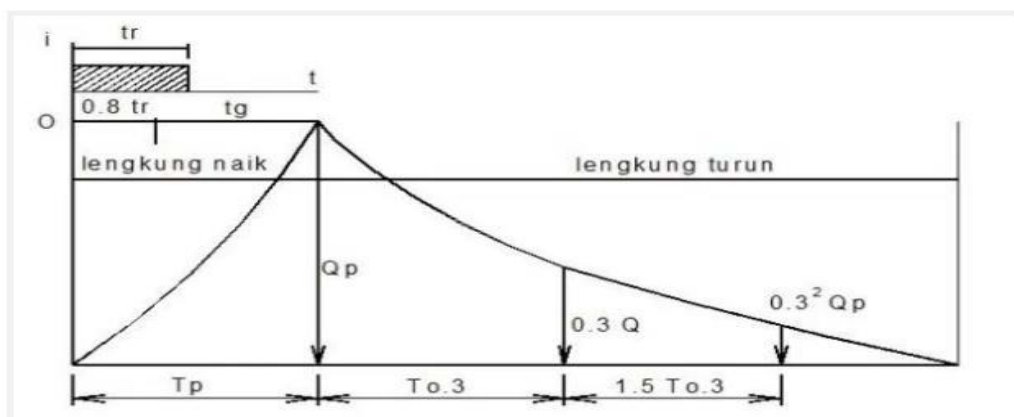
t_r = Satuan Waktu hujan (jam)

a = Parameter hidrograf, untuk

$a = 2$ => Pada daerah pengaliran biasa

$a = 1,5$ => Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$a = 3$ => Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



Gambar 2.3: Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

1. Pada waktu naik: $0 < t < T_p$

$$Q_{(t)} = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \cdot Q_p \quad (2.31)$$

Dimana:

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

t = Waktu (jam)

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

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

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (2.32)$$

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

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}} \quad (2.33)$$

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

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}} \quad (2.34)$$

Rumus tersebut diatas merupakan rumus empiris, maka penerapannya terhadap suatu daerah aliran harus didahului dengan suatu pemilihan parameter-parameter yang sesuai yaitu T_p dan a , dan pola distribusi hujan agar didapatkan suatu pola hidrograf yang sesuai dengan hidrograf banjir yang diamati.

2.11 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Sebagaimana telah dijelaskan dalam sub bab sebelumnya, bahwa salah satu penyebab banjir adalah karena ketidakmampuan penampang dalam menampung debit banjir yang terjadi. Analisis hidrolika ini terdiri dari analisis penampang eksisting sungai dan perencanaan penampang sungai rencana.

2.11.1 Analisa Penampang Eksisting

Analisis penampang eksisting bertujuan untuk mengetahui kondisi dari sungai saat ini. Debit banjir yang telah didapatkan dari analisis hidrologi akan dijadikan sebagai acuan, untuk mengetahui kemampuan penampang sungai eksisting dalam

menampung debit banjir. Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit yang harus ditampung oleh saluran (Q_s dalam m^3 /detik) lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (Q_T dalam m^3 /detik). Kondisi demikian dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$Q_s \geq Q_T \quad (2.35)$$

Debit yang mampu ditampung oleh saluran (Q_s) dapat diperoleh dengan rumus seperti dibawah ini:

$$Q_s = A_s \cdot V \quad (2.36)$$

Dimana:

A_s = Luas penampang saluran (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/s)

Kecepatan rata-rata aliran di dalam saluran, dapat dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.37)$$

$$R = A_s / P \quad (2.38)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran (m/s)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran

A_s = Luas penampang saluran (m^2)

P = Keliling basah saluran (m)

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11: Nilai koefisien kekasaran saluran Manning (n).

Bahan Saluran	Besarnya n
Logam	0,010 – 0,024
Termoplastik, kaca, semen	0,009 – 0,013
Beton	0,011 – 0,017

Tabel 2.11: *Lanjutan.*

Bahan Saluran	Besarnya n
Kayu	0,012 – 0,017
Lempung	0,013 – 0,016
Saluran dengan dasar kerikil	0,020 – 0,033
Lapisan pasangan batu	0,025 – 0,032
Aspal	0,013 – 0,016
Lapisan dengan tumbuh-tumbuhan	0,030 – 0,500

2.11.2 Perencanaan Penampang Sungai Rencana

Dalam perencanaan normalisasi sungai harus didasarkan pada pertimbangan teknis maupun non teknis sehingga pelaksanaannya efektif dan efisien baik dari segi kualitas, manfaat dan biaya. Penampang melintang sungai perlu direncanakan untuk mendapatkan penampang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan. Penampang yang ideal yang dimaksudkan merupakan penampang yang stabil terhadap perubahan akibat pengaruh erosi maupun pengaruh pola aliran yang terjadi. Sedang penggunaan lahan yang efisien dimaksudkan untuk memperhatikan lahan yang tersedia, sehingga tidak menimbulkan permasalahan terhadap pembebasan lahan. Bentuk penampang sungai sangat dipengaruhi oleh faktor bentuk penampang berdasarkan kapasitas pengaliran, yaitu:

$$Q = V \cdot A \quad (2.39)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.40)$$

$$\frac{Q \cdot n}{I^{1/2}} = A \cdot R^{2/3} \quad (2.41)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang basah (m²)

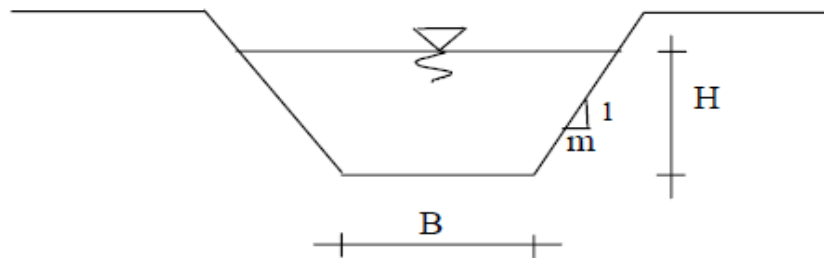
R = Jari -Jari hidrolis sungai (m)

I = Kemiringan hidraulik sungai

n = Koefisien kekasaran Manning

Untuk $A.R^{2/3}$ (merupakan faktor bentuk), kapasitas penampang akan tetap walaupun bentuk berubah-ubah. Perlu diperhatikan bentuk penampang sungai yang paling stabil. Rencana penampang sungai direncanakan berbentuk trapesium. Rencana penampang tersebut dengan pertimbangan antara lain:

- Alur sungai mampu melewati debit banjir rencana
- Dasar sungai perlu juga dipertimbangkan terhadap bahaya gerusan



Gambar 2.4: Penampang melintang sungai.

Rumus yang digunakan:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$R = \frac{A}{P} \tag{2.42}$$

$$P = B + 2H \sqrt{1+m} \tag{2.43}$$

$$A = H (B + mH) \tag{2.44}$$

$$Q = V.A$$

Tabel 2.12: Karakteristik saluran.

Debit (m ³ /det)	Kemiringan Talud(1:m)	Perbandingan b/h (n)
0.15 – 0.3	1.0	1.0
0.3 – 0.5	1.0	1.0 – 1.2
0.5 – 0.75	1.0	1.2 – 1.3
0.75 – 1.0	1.0	1.3 – 1.5
1.0 – 1.5	1.0	1.5 – 1.8
1.5 – 3	1.5	1.8 – 2.3
3 – 4.5	1.5	2.3 – 2.7
4.5 – 5.0	1.5	2.7 – 2.9

Tabel 2.12: *Lanjutan.*

Debit (m ³ /det)	Kemiringan Talud(1: m)	Perbandingan b/h (n)
5.0 – 6.0	1.5	2.9 – 3.1
6.0 – 7.5	1.5	3.1 – 3.5
7.5 – 9.0	1.5	3.5 – 3.7
9.0 – 10	1.5	3.7 – 3.9
1.0 – 11	2.0	3.9 – 4.2
11 – 15	2.0	4.2 – 4.9
15 – 25	2.0	4.9 – 6.5
25 – 40	2.0	6.5 – 9.0

2.11.3 Tinggi Jagaan Sungai

Besarnya tinggi jagaan sungai yang paling baik adalah berkisar antara 0.75 - 1.50 m. Hal-hal lain yang mempengaruhi besarnya nilai tinggi jagaan adalah penimbunan sedimen di dalam sungai, berkurangnya efisiensi hidrolis karena tumbuhnya tanaman, penurunan tebing dan kelebihan jumlah aliran selama terjadinya hujan. Sedangkan secara praktis untuk menentukan besarnya tinggi jagaan yang diambil berdasarkan debit banjir dapat diambil dengan menggunakan tabel 2.13.

Tabel 2.13: Tinggi jagaan sungai.

Debit Rencana (m ³ /det)	Tinggi Jagaan (m)
$Q < 200$	0,6
$200 < Q < 500$	0,75
$500 < Q < 2000$	1,00
$2000 < Q < 5000$	1,25
$5000 < Q < 10000$	1,50

Besarnya tinggi jagaan sungai juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W = \sqrt{0,5 h} \quad (2.45)$$

Dimana:

W = Tinggi jagaan (m)

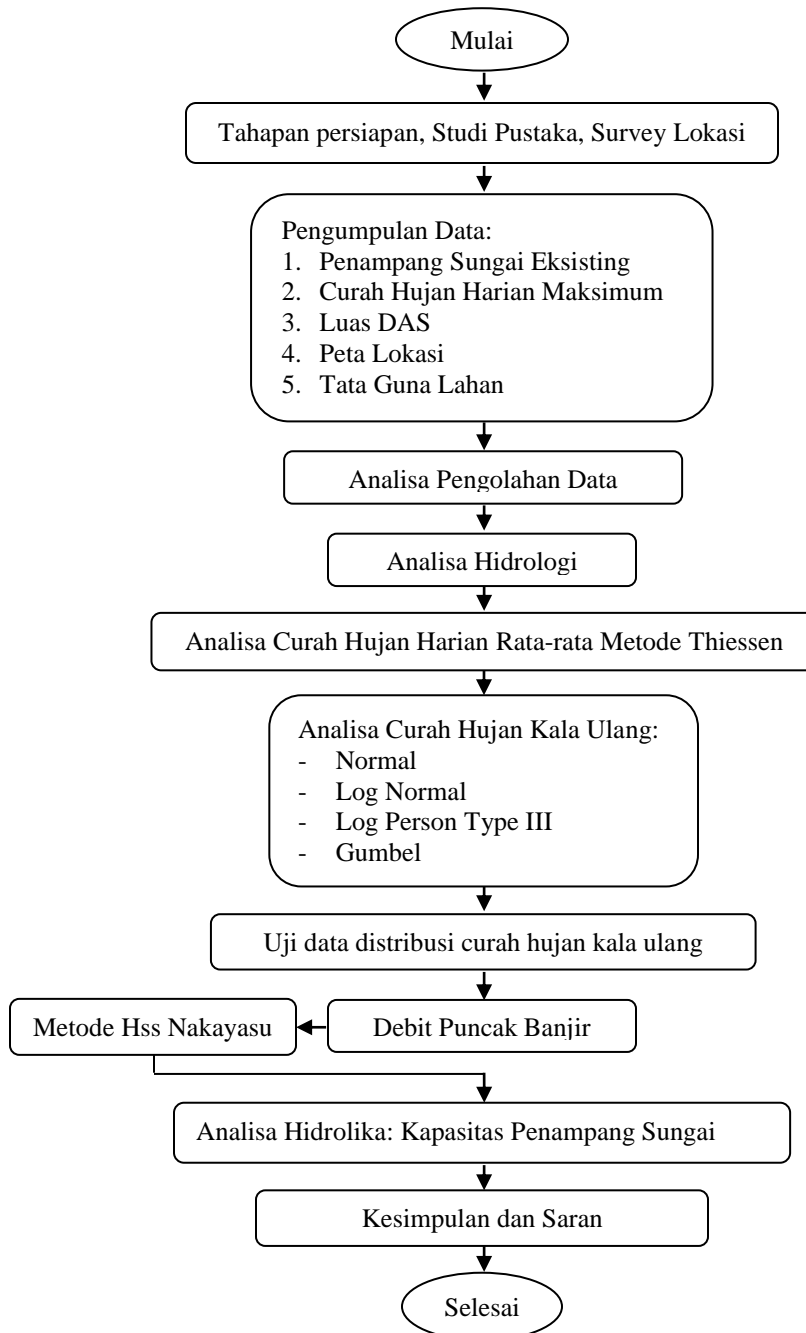
h = Tinggi muka air (m)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

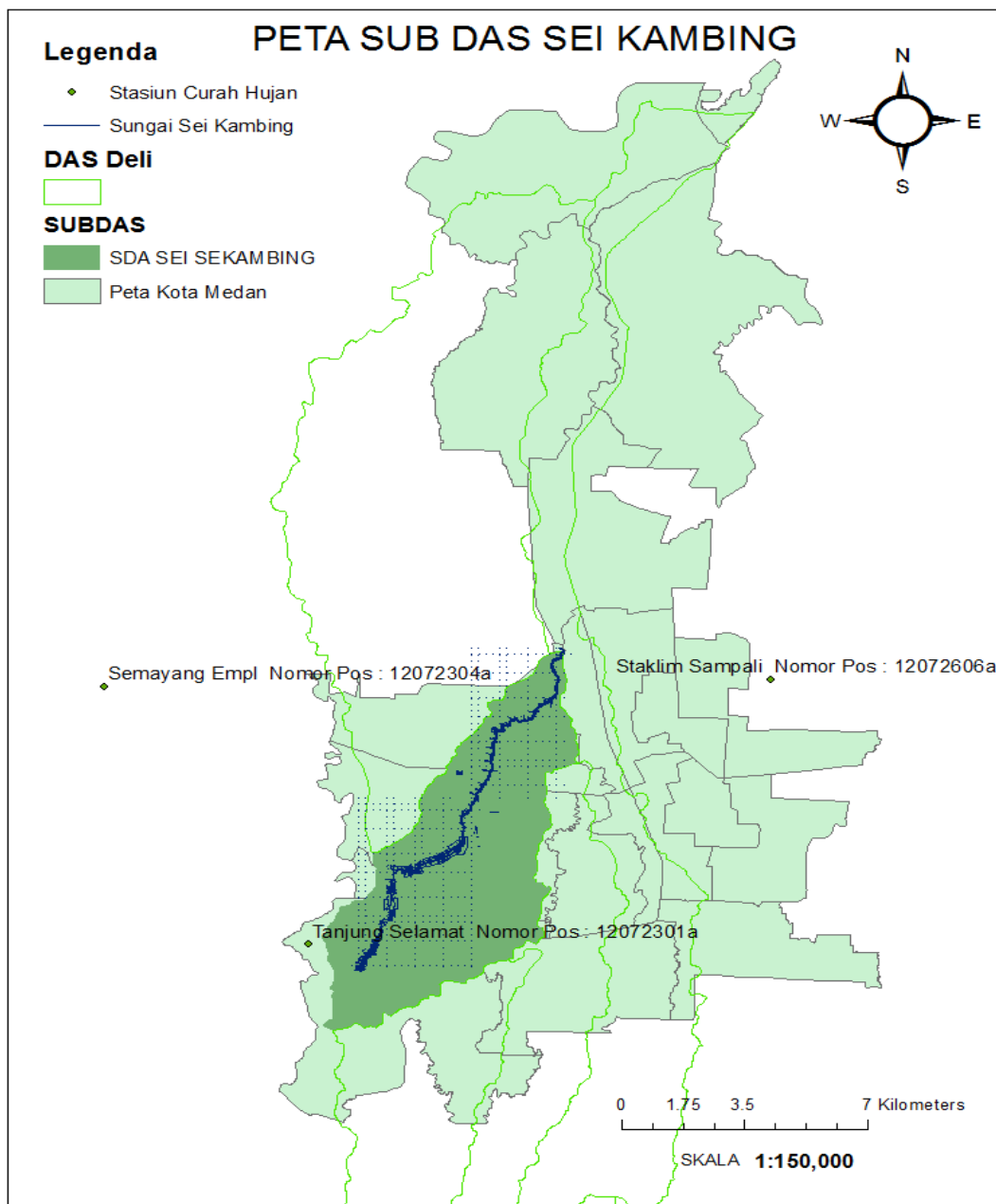
Rancangan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Sei Sikambing pada Kelurahan Sei Sikambing C II, Kecamatan Helvetia, Kota Medan. Sungai Sei Sikambing merupakan salah satu anakan sungai atau Sub DAS dari Sungai Deli. Sub DAS Sei Sikambing terbentang sepanjang 42,553 km² meliputi Kabupaten/Kota Deli Serdang dan Medan.



Gambar 3.2: Peta Sub DAS Sei Sikambing.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data hidrologi dimaksudkan untuk mengumpulkan data curah hujan dari stasiun hujan serta data tata guna lahan yang akan digunakan untuk menganalisa besarnya debit akibat hujan yang terjadi pada DAS Sei Sikaming Medan. Data-data hidrologi dapat diperoleh dari Dinas BMKG Sumatera Utara. Adapun data-data yang dikumpulkan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Data-data yang dikumpulkan.

No.	Jenis Data	Sumber Data
1.	Data penampang sungai eksisting	BWS
2.	Data curah hujan harian maksimum	BMKG
3.	Luas DAS	BWS
4.	Peta lokasi	Google Earth
5.	Tata guna lahan	Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan

3.4 Analisa Data

Berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan dalam penelitian ini, selanjutnya dilakukan analisa awal dari data-data tersebut. Analisa data awal ini terdiri dari beberapa bagian.

3.4.1 Analisa Hidrologi

Untuk melakukan analisis hidrologi, terlebih dahulu menentukan stasiun curah hujan, data curah hujan dan luas catchment area. Dalam analisis hidrologi akan membahas langkah-langkah untuk menentukan debit banjir rencana. Langkah-langkah untuk menghitung debit banjir rencana adalah:

1. Perhitungan curah hujan rata-rata daerah

Metode yang digunakan adalah:

- Metode Polygon Thiessen

2. Perhitungan curah hujan rencana

Metode perhitungan curah hujan rencana:

- Metode Normal
- Metode Log Normal
- Metode Log Person Type III
- Metode Gumbel

3. Uji kesesuaian distribusi

Metode untuk uji kesesuaian distribusi:

- Metode Chi-kuadrat
- Metode Smirnov-Kolmogorov

Dengan uji kesesuaian distribusi dapat dipilih perhitungan curah hujan rencana.

4. Perhitungan debit banjir rencana

Metode perhitungan debit banjir rencana:

- Metode HSS Nakayasu

3.4.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang sungai dalam menampung debit banjir rencana. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis terhadap penampang sungai adalah:

1. Data penampang sungai eksisting
2. Debit banjir rencana

3.5 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Eksisting

Analisis kapasitas penampang sungai eksisting dilakukan untuk mengetahui kemampuan penampang sungai dalam menampung debit banjir rancangan.

3.6 Perencanaan Penampang Sungai Rencana

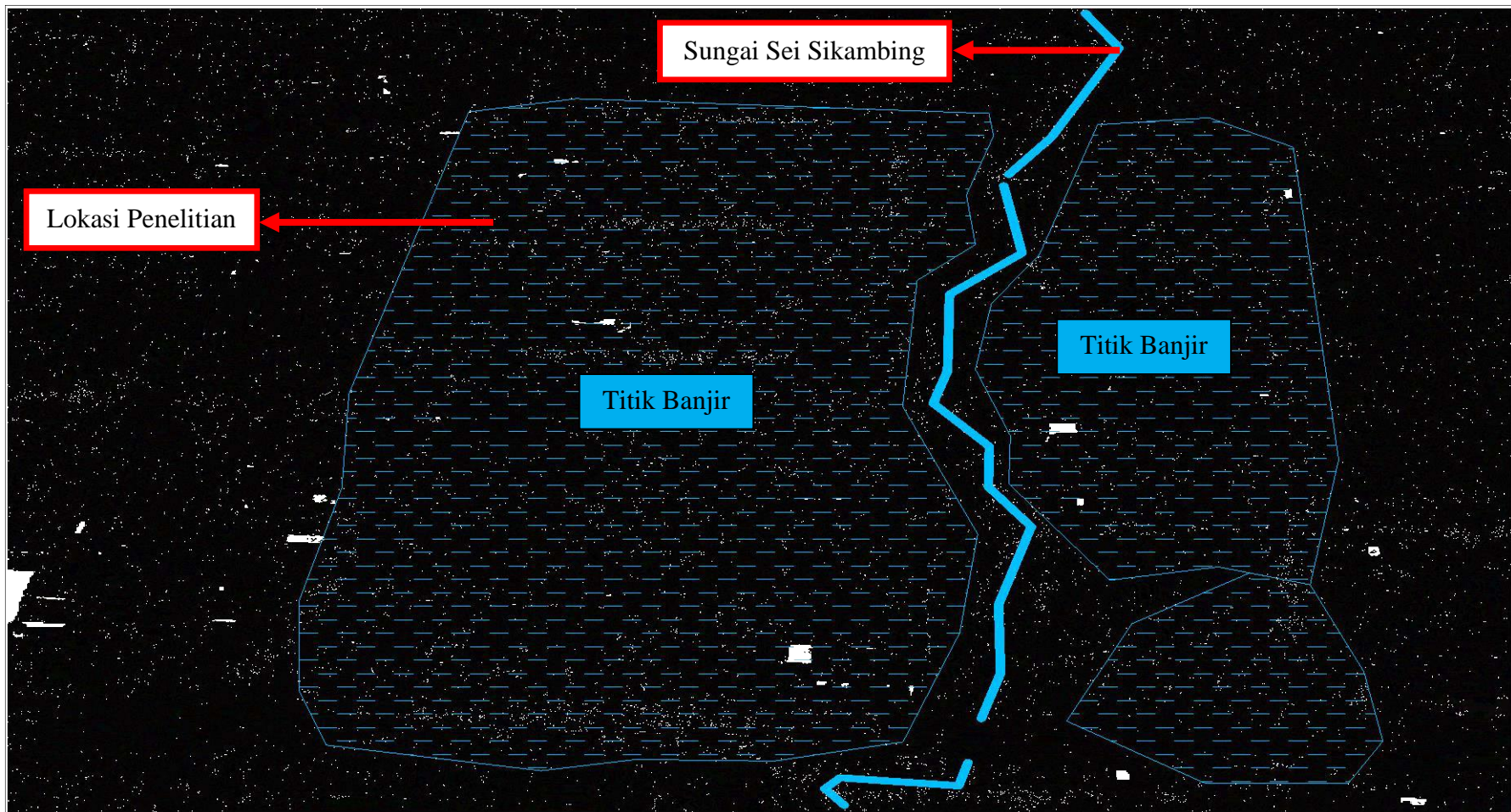
Perhitungan penampang rencana diperlukan jika evaluasi penampang saluran existing tidak sesuai dengan perhitungan diatas, atau tidak mampu menampung debit banjir rencana. Maka diperlukan suatu penampang saluran yang optimal agar hasil dari evaluasi sesuai dengan yang diharapkan.

3.7 Peta Banjir

Lokasi penelitian yang berada di Kelurahan Sei Sikambing C II, Kecamatan Helvetia, Kota Medan sering terjadi banjir disaat musim hujan yang diakibatkan penampang sungai yang sudah tidak mampu menampung debit akibat curah hujan yang tinggi, sehingga terjadi luapin air sungai. Berdasarkan keterangan warga, pada lokasi penelitian tinggi muka air banjir/genangan yang terjadi sekitar ± 40 cm. Adapun lokasi banjir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.

3.8 Peta Lokasi Studi

Lokasi penelitian pada tugas akhir ini yang terletak di Kel. Sei Sikambing C II, Kec. Helvetia, Kota Medan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3: Peta banjir pada Kelurahan Sei Sikambing C II, Kecamatan Helvetia, Kota Medan.



Gambar 3.4: Lokasi Penelitian (Google.com & Google earth).

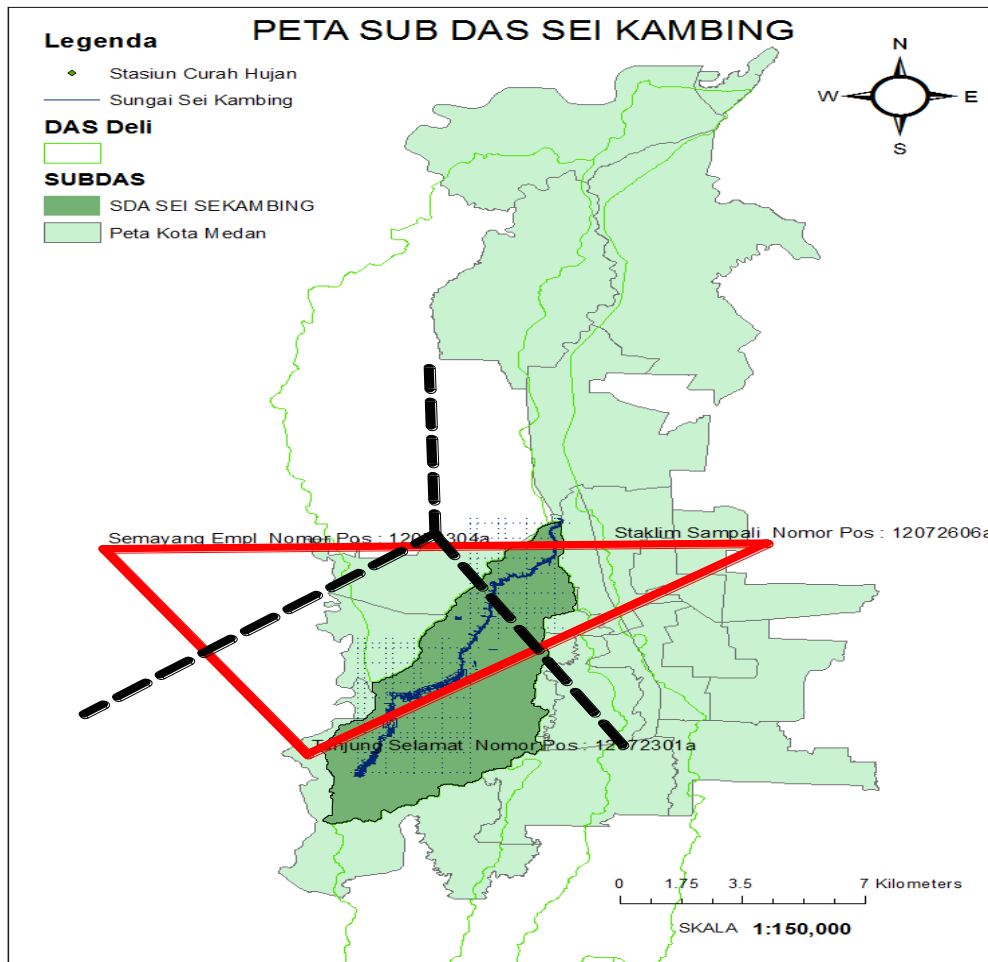
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

4.1.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Analisa curah hujan rata-rata dihitung dengan menggunakan Metode Polygon Thiessen. Perhitungan data curah hujan kawasan bertujuan untuk mengetahui curah hujan yang terjadi di Daerah Aliran Sungai Sei Sikambing yang dimulai dari hulu sampai hilir.



Gambar 4.1: Polygon Thiessen DAS Sei Sikambing.

Perhitungan luas area dengan menggunakan Metode Polygon Thiessen dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Luas areal pengaruh stasiun hujan DAS. Sei Sikambing.

No.	Nama Stasiun Penakar Curah Hujan	Luas Areal (Km ²)
1.	Stasiun Semayang	Tidak Berpengaruh
2.	Stasiun Tanjung Selamat	34,696
3.	Stasiun Sampali	7,857
	Luas Total	42,553

Dari Tabel 4.1 diatas stasiun penakar curah hujan yang berpengaruh pada DAS Sei Sikambing hanya dua stasiun, yaitu Stasiun Tanjung Selamat dan Stasiun Sampali. Data curah hujan harian maksimum untuk Stasiun Tanjung Slamat dan Stasiun Sampali dapat dilihat pada Tabel 4.2 - 4.3.

Tabel 4.2: Data curah hujan harian maksimum Stasiun Tanjung Selamat.

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Max
2007	40	10	15	21	45	35	15	15	20	45	30	30	45
2008	35	20	40	30	30	20	75	40	40	66	152	75	152
2009	70	15	68	25	55	43	28	71	91	53	41	21	91
2010	35	21	45	55	85	91	54	55	35	44	185	31	185
2011	53	13	57	32	28	27	32	30	30	75	41	42	75
2012	21	22	8	19	31	53	31	119	34	47	27	49	119
2013	23	31	24	39	33	45	12	81	45	66	74	46	81
2014	9	9	14	31	33	38	41	74	61	69	45	99	99
2015	56	104	39	41	71	41	36	54	110	103	90	32	110
2016	69	107	35	29	100	39	101	37	87	97	61	43	107

Tabel 4.3: Data curah hujan harian maksimum Stasiun Sampali.

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Max
2007	85	14	6	77	89	56	70	63	78	135	82	95	135
2008	19	14	29	68	55	24	76	89	61	90	82	26	90
2009	103	4	44	57	58	31	58	49	97	61	50	19	103
2010	71	48	40	24	20	47	69	48	40	41	66	8	71

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Max
2011	78	35	64	64	39	40	54	98	59	58	63	6	98
2012	40	50	42	57	83	65	65	46	60	75	60	33	83
2013	29	66	53	63	27	39	58	33	32	70	21	111	111
2014	20	22	35	31	46	49	34	91	66	41	57	165	165
2015	42	46	10	12	39	13	29	50	52	76	89	43	89
2016	23	71	9	9	40	41	49	54	84	47	57	0	84

Metode Poligon Thiessen dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{((A1 \times R1) + (A2 \times R2) + (A3 \times R3))}{A \text{ total}}$$

Dimana:

\bar{R} = Rata-rata curah hujan

R_i = Curah hujan maksimum tiap stasiun (mm)

A_i = Luas tangkapan curah hujan tiap stasiun (km²)

A = Luas total DAS (km²)

Contoh perhitungan:

$$\bar{R} = \frac{((34,696 \times 45) + (7,857 \times 135))}{42,553} = 61,618$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Curah hujan harian maksimum rata-rata Sungai Sei Sikambang.

Tahun	RH maksimum		RH maksimum rata-rata
	Tanjung Selamat (A1 = 34,696 km ²)	Sampali (A2 = 7,857 km ²)	
2007	45	135	61,618
2008	152	90	140,552
2009	91	103	93,216
2010	185	71	163,951
2011	75	98	79,247

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

Tahun	RH maksimum		RH maksimum rata-rata
	Tanjung Selamat (A1 = 34,696 km ²)	Sampali (A2 = 7,857 km ²)	
2012	119	83	112,353
2013	81	111	86,539
2014	99	165	111,186
2015	110	89	106,123
2016	107	84	102,753

Rangking curah hujan harian maksimum rata-rata Sungai Sei Sikambing dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Rangking curah hujan harian maksimum rata-rata.

No.	Tahun	RH maksimum rata-rata
1.	2010	163,951
2.	2008	140,552
3.	2012	112,353
4.	2014	111,186
5.	2015	106,123
6.	2016	102,753
7.	2009	93,216
8.	2013	86,539
9.	2011	79,247
10.	2007	61,618

4.1.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Metode distribusi yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rencana adalah sebagai berikut:

1. Metode Distribusi Normal

2. Metode Distribusi Log Normal
3. Metode Distribusi Log-Person Type III
4. Metode Distribusi Gumbel

Langkah yang ditempuh adalah dengan menggunakan data-data mulai dari terbesar sampai terkecil. Dari hasil perhitungan curah hujan harian maksimum DAS Sei Sikaming, maka didapat rangking curah hujan harian maksimum rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Rangking curah hujan harian maksimum rata-rata.

No.	Tahun	RH maksimum rata-rata
1.	2010	163,951
2.	2008	140,552
3.	2012	112,353
4.	2014	111,186
5.	2015	106,123
6.	2016	102,753
7.	2009	93,216
8.	2013	86,539
9.	2011	79,247
10.	2007	61,618

1. Metode Distribusi Normal

Rumus untuk menghitung hujan rencana dengan Metode Distribusi Normal adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K_T S$$

Dimana:

X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan X (mm)

K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T (lampiran tabel Variabel Reduksi Gauss)

S = Standar deviasi dari data hujan X (mm)

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Normal.

No.	Tahun	Curh hujan maks Xi (mm)	\bar{X}	(Xi - \bar{X})	(Xi - \bar{X}) ²
1	2010	164	105.75	58.20	3386.91
2	2008	141	105.75	34.80	1210.91
3	2012	112	105.75	6.60	43.55
4	2014	111	105.75	5.43	29.51
5	2015	106	105.75	0.37	0.14
6	2016	103	105.75	-3.00	9.00
7	2009	93	105.75	-12.54	157.20
8	2013	87	105.75	-19.21	369.21
9	2011	79	105.75	-26.51	702.61
10	2007	62	105.75	-44.14	1947.97
	Σ	1057,538			7857.01

Dari data-data diatas didapat:

$$\bar{X} = 1057,538 / 10 = 105.75$$

$$S = \sqrt{\frac{7857.01}{10-1}} = 29,55$$

K_T = Diperoleh dari Tabel 2.3 (Nilai variabel reduksi Gauss).

Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Normal.

T	\bar{X}	K_T	S	X_T (mm)
2	105.75	0,000	29,55	105.75
5	105.75	0,840	29,55	130.57

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

T	\bar{X}	K_T	S	X_T (mm)
10	105.75	1,280	29,55	143.57
25	105.75	1,708	29,55	156.22
50	105.75	2,050	29,55	166.32
100	105.75	2,330	29,55	174.60

Berikut adalah perhitungan analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Normal:

- Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K_T \cdot S) \\ &= 105.75 + (0 \cdot 29,55) = 105.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K_T \cdot S) \\ &= 105.75 + (0,840 \cdot 29,55) = 130.57 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 10 tahun

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K_T \cdot S) \\ &= 105.75 + (1,280 \cdot 29,55) = 143.57 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 25 tahun

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K_T \cdot S) \\ &= 105.75 + (1,708 \cdot 29,55) = 156.22 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 50 tahun

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K_T \cdot S) \\ &= 105.75 + (2,050 \cdot 29,55) = 166.32 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 100 tahun

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K_T \cdot S) \\ &= 105.75 + (2,330 \cdot 29,55) = 174.60 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Metode Distribusi Log Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Normal adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log}X} + (K_T S_{\text{Log}X})$$

Dimana:

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

$\overline{\text{Log}X}$ = nilai rata-rata dari $\text{log}X$

$S_{\text{Log}X}$ = Deviasi standar dari $\text{Log}X$

K_T = Faktor frekuensi (Variabel Reduksi Gauss)

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Log Normal dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Log Normal.

No.	Tahun	Curah hujan maks (mm) X_i	\bar{X}	$\text{Log } X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(\frac{\text{log}X_i - \overline{\text{Log}X}}{\text{Log}X})^2$
1	2010	164	105.75	2.21	58.20	3386.91	0.042
2	2008	141	105.75	2.15	34.80	1210.91	0.019
3	2012	112	105.75	2.05	6.60	43.55	0.002
4	2014	111	105.75	2.05	5.43	29.51	0.001
5	2015	106	105.75	2.03	0.37	0.14	0.000
6	2016	103	105.75	2.01	-3.00	9.00	0.000
7	2009	93	105.75	1.97	-12.54	157.20	0.002
8	2013	87	105.75	1.94	-19.21	369.21	0.005
9	2011	79	105.75	1.90	-26.51	702.61	0.012
10	2007	62	105.75	1.79	-44.14	1947.97	0.048
	Σ	1057,538		20.09		7857.01	0.132

Dari data-data diatas didapat:

$$\bar{X} = 1057,538 / 10 = 105.75$$

$$S = \sqrt{\frac{7857.01}{10-1}} = 29,55$$

K_T = Diperoleh dari Tabel 2.3 (Nilai variabel reduksi Gauss).

Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Normal dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Normal.

T	$\overline{\text{Log}X}$	K_T	$S_{\text{log}X}$	$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log}X} + (K \cdot S_{\text{log}X})$	X_T (mm)
2	2.01	0,000	0.12	2.009	102.15
5	2.01	0,840	0.12	2.111	129.09
10	2.01	1,280	0.12	2.164	145.94
25	2.01	1,708	0.12	2.216	164.43
50	2.01	2,050	0.12	2.257	180.88
100	2.01	2,330	0.12	2.291	195.56

Berikut adalah perhitungan analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log Normal:

- Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log}X} + (K_T S_{\text{log}X}) \\ &= 2,01 + (0 \cdot 0,12) = 2,009 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log}X} + (K_T S_{\text{log}X}) \\ &= 2,01 + (0,84 \cdot 0,12) = 2,111 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 10 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log}X} + (K_T S_{\text{log}X}) \\ &= 2,01 + (1,28 \cdot 0,12) = 2,164 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 25 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log}X} + (K_T S_{\text{log}X}) \\ &= 2,01 + (1,708 \cdot 0,12) = 2,216 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 50 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K_T S_{\text{log}X}) \\ &= 2,01 + (2,05 \cdot 0,12) = 2,257 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 100 tahun

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K_T S_{\text{log}X}) \\ &= 2,01 + (2,33 \cdot 0,12) = 2,291 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Metode Distribusi Log-Person Type III

Rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log-Person Type III adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot S$$

Dimana:

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

$\text{Log } \bar{X}$ = Nilai rata-rata varian

S = Simpangan baku (Deviasi standar dari $\text{log}X$)

G = Koefisien kemencengan

K = Variabel standar (*standardized variable*)

Dimana K adalah variabel standar untuk periode ulang T, yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G.

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Log-Person Type III dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Log-Person Type III.

No.	Tahun	Curah Hujan maks (mm) X_i	Log X_i	$\overline{\text{Log } \bar{X}}$	$\frac{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } \bar{X}}}{\overline{\text{Log } \bar{X}}}$	$(\frac{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } \bar{X}}}{\overline{\text{Log } \bar{X}}})^2$	$(\frac{\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } \bar{X}}}{\overline{\text{Log } \bar{X}}})^3$
1.	2010	164	2.21	2.01	0.21	0.04223	0.0086778
2.	2008	141	2.15	2.01	0.14	0.01922	0.0026636
3.	2012	112	2.05	2.01	0.04	0.00171	0.0000708
4.	2014	111	2.05	2.01	0.04	0.00136	0.0000500

Tabel 4.11: *Lanjutan*

No.	Tahun	Curah Hujan maks (mm) Xi	Log Xi	$\overline{\text{Log } X}$	$\frac{\text{LogXi} - \overline{\text{Log } X}}{\overline{\text{Log } X}}$	$(\frac{\text{LogXi} - \overline{\text{Log } X}}{\overline{\text{Log } X}})^2$	$(\frac{\text{LogXi} - \overline{\text{Log } X}}{\overline{\text{Log } X}})^3$
5.	2015	106	2.03	2.01	0.02	0.00028	0.0000046
6.	2016	103	2.01	2.01	0.00	0.00001	0.0000000
7.	2009	93	1.97	2.01	-0.04	0.00158	-0.0000627
8.	2013	87	1.94	2.01	-0.07	0.00518	-0.0003733
9.	2011	79	1.90	2.01	-0.11	0.01215	-0.0013396
10.	2007	62	1.79	2.01	-0.22	0.04818	-0.0105771
	Σ		20.09			0.13189	-0.00089

Dari data-data diatas didapat:

$$\overline{\text{Log } X} = 20,09 / 10 = 2,01$$

$$S = \sqrt{\frac{0,13189}{10-1}} = 0,121$$

$$G = \frac{10 \cdot (-0,00089)}{9 \cdot 8 \cdot 0,121^3} = -0,04116$$

K = Diperoleh dari Tabel 2.4 (Variabel standar).

Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log-Person Type III dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log-Person Type III.

T	$\overline{\text{Log } X}$	K	S	$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K \cdot S)$	X_T (mm)
2	2.01	0.007	0,121	2.010	102.34
5	2.01	0.840	0,121	2.111	129.08
10	2.01	1.277	0,121	2.164	145.82
25	2.01	2.755	0,121	2.343	220.16
50	2.01	2.032	0,121	2.255	179.96
100	2.01	2.296	0,121	2.287	193.69

Berikut adalah perhitungan analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Log-Person Type III:

- Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K \cdot S) \\ &= 2,01 + (0,007 \cdot 0,121) \\ &= 2,010 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K \cdot S) \\ &= 2,01 + (0,840 \cdot 0,121) \\ &= 2,111 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 10 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K \cdot S) \\ &= 2,01 + (1,277 \cdot 0,121) \\ &= 2,164 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 25 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K \cdot S) \\ &= 2,01 + (2,755 \cdot 0,121) \\ &= 2,343 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 50 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K \cdot S) \\ &= 2,01 + (2,032 \cdot 0,121) \\ &= 2,255 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 100 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_T &= \overline{\text{Log } \bar{X}} + (K \cdot S) \\ &= 2,01 + (2,296 \cdot 0,121) \\ &= 2,287 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Metode Distribusi Gumbel

Rumus yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + (K \cdot S_x)$$

Dimana:

X_T = Hujan dalam periode ulang tahun

\bar{X} = Harga rata-rata

K = Faktor frekuensi

S_x = Standar deviasi

Hasil perhitungan curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Analisa curah hujan rata-rata dengan Metode Distribusi Gumbel.

No.	Tahun	Curah Hujan Maks (mm) X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1.	2010	164	105.75	58.20	3386.91
2.	2008	141	105.75	34.80	1210.91
3.	2012	112	105.75	6.60	43.55
4.	2014	111	105.75	5.43	29.51
5.	2015	106	105.75	0.37	0.14
6.	2016	103	105.75	-3.00	9.00
7.	2009	93	105.75	-12.54	157.20
8.	2013	87	105.75	-19.21	369.21
9.	2011	79	105.75	-26.51	702.61
10.	2007	62	105.75	-44.14	1947.97
	Σ	1057,538			7857.01

Dari data-data diatas didapat:

$$\bar{X} = \frac{1057,538}{10} = 105,75 \text{ mm}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}} = 29,55$$

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

Nilai Y_t diperoleh dari Tabel 2.5, S_n dari Tabel 2.6, dan Y_n diperoleh dari Tabel 2.7.

Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Gumbel.

T	\bar{X}	Y_t	Y_n	S_n	S_x	X_T (mm)
2	105.754	0.3668	0.4952	0.94	29.547	101.72
5	105.754	1.5004	0.4952	0.94	29.547	137.35
10	105.754	2.2510	0.4952	0.94	29.547	160.94
25	105.754	3.1993	0.4952	0.94	29.547	190.75
50	105.754	3.9028	0.4952	0.94	29.547	212.86
100	105.754	4.6012	0.4952	0.94	29.547	234.82

Berikut adalah perhitungan analisa curah hujan rencana dengan Metode Distribusi Gumbel:

- Untuk periode ulang (T) 2 tahun

$$K = \frac{0,3668 - 0,4952}{0,94} = -0,137$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K \cdot S_x) \\ &= 105,75 + (-0,137 \cdot 29,547) \\ &= 101,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 5 tahun

$$K = \frac{1,5004 - 0,4952}{0,94} = 1,069$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K \cdot S_x) \\ &= 105,75 + (1,069 \cdot 29,547) \\ &= 137,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 10 tahun

$$K = \frac{2,2510 - 0,4952}{0,94} = 1,868$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K \cdot S_x) \\ &= 105,75 + (1,868 \cdot 29,547) \\ &= 160,94 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 25 tahun

$$K = \frac{3,1993 - 0,4952}{0,94} = 2,877$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K \cdot S_x) \\ &= 105,75 + (2,877 \cdot 29,547) \\ &= 190.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 50 tahun

$$K = \frac{3,9028 - 0,4952}{0,94} = 3,625$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K \cdot S_x) \\ &= 105,75 + (3,625 \cdot 29,547) \\ &= 212.86 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk periode ulang (T) 100 tahun

$$K = \frac{4,6012 - 0,4952}{0,94} = 4,368$$

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (K \cdot S_x) \\ &= 105,75 + (4,368 \cdot 29,547) \\ &= 234.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.15: Rekapitulasi hasil analisa curah hujan rencana periode ulang (T).

T	Normal (mm)	Log Normal (mm)	Log-Person Type III (mm)	Gumbel (mm)
2	105.75	102.15	102.34	101.72
5	130.57	129.09	129.08	137.35

Tabel 4.15: *Lanjutan.*

T	Normal (mm)	Log Normal (mm)	Log-Person Type III (mm)	Gumbel (mm)
10	143.57	145.94	145.82	160.94
25	156.22	164.43	220.16	190.75
50	166.32	180.88	179.96	212.86
100	174.60	195.56	193.69	234.82

4.1.3 Analisa Pemilihan Distribusi Curah Hujan

1. Analisa Frekuensi Curah Hujan

Analisa frekuensi curah hujan diperlukan untuk menentukan jenis sebaran (distribusi). Perhitungan analisa frekuensi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Analisa frekuensi curah hujan.

No.	T	X_i (mm)	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2010	164	105.75	58.20	3386.91	197108.92	11471187.04
2	2008	141	105.75	34.80	1210.91	42137.65	1466314.47
3	2012	112	105.75	6.60	43.55	287.39	1896.55
4	2014	111	105.75	5.43	29.51	160.30	870.77
5	2015	106	105.75	0.37	0.14	0.05	0.02
6	2016	103	105.75	-3.00	9.00	-27.02	81.09
7	2009	93	105.75	-12.54	157.20	-1970.90	24710.72
8	2013	87	105.75	-19.21	369.21	-7094.27	136314.95
9	2011	79	105.75	-26.51	702.61	-18623.95	493661.44
10	2007	62	105.75	-44.14	1947.97	-85975.16	3794582.61
	Σ	1057.538			7857.01	126003.00	17389619.64

Dari hasil perhitungan diatas selanjutnya ditentukan jenis sebaran/distribusi yang sesuai, dalam penentuan jenis sebaran diperlukan faktor-faktor sebagai berikut:

- Standar Deviasi (S)

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 : (n - 1)}$$

$$= 29,55$$

- Koefisien Kemencengan (Cs)

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

$$= 0,6785$$

- Koefisien Kurtosis (Ck)

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

$$= 4,5272$$

- Koefisien Variasi

$$C_v = S / \bar{X}$$

$$= 0,2794$$

Pemilihan metode distribusi yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Persyaratan metode distribusi curah hujan.

Jenis Distribusi	Syarat		Perhitungan		Kesimpulan	
	Cs	Ck	Cs	Ck		
Normal	0	3	0.6785	4.5272	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Log Normal	0,763	3	0.6785	4.5272	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	±0	±0	0.6785	4.5272	Memenuhi	Memenuhi
Gumbel	<1,1396	<5,4002	0.6785	4.5272	Memenuhi	Memenuhi

Dari hasil analisis menggunakan empat jenis distribusi, maka dipilih jenis distribusi dengan simpangan terkecil yaitu Distribusi Gumbel.

4.1.4 Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk menentukan kesesuaian distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut, maka diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang digunakan adalah Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat

Langkah-langkah perhitungan cara Chi-Kuadrat adalah sebagai berikut:

- Menghitung jumlah Kelas (K)

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

Dimana: $n = 10$ (Jumlah data)

$$K = 4,322 \approx 5$$

- menghitung Derajat Kebebasan (Dk)

$$Dk = K - (P + 1)$$

Dimana: $K = 5$

$P =$ Jumlah parameter, untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

$$Dk = 2$$

- Menghitung besarnya nilai Frekuensi Pengamatan (O_i)

$$O_i = n / \text{jumlah kelas}$$

Dimana: $n = 10$

$$K = 5$$

$$O_i = 2$$

- Menghitung ΔX

$$\Delta X = \frac{(X_{\text{maks}} - X_{\text{min}})}{(K - 1)}$$

Dimana: $X_{\text{maks}} = 164$

$$X_{\text{min}} = 62$$

$$K = 5$$

$$\Delta X = 25,5$$

- Menghitung Xawal

$$\begin{aligned} X_{awal} &= X_{min} - (\frac{1}{2} \times \Delta X) \\ &= 49,25 \end{aligned}$$

- Menghitung Xakhir

$$\begin{aligned} X_{akhir} &= X_{maks} - \frac{1}{2} \times \Delta X \\ &= 151,25 \end{aligned}$$

Nilai X^2_{cr} diambil dari Tabel 2.9 dengan nilai, $Dk (0,01) = 9,210$ lalu dibandingkan dengan nilai X^2 hasil perhitungan. Apabila $X^2_{hitung} < X^2_{cr}$ maka distribusi terpenuhi, dan apabila nilai $X^2_{hitung} > X^2_{cr}$ maka distribusi tidak terpenuhi. Nilai X^2 hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Perhitungan uji kesesuaian Chi-kuadrat (X^2 hitung).

Kelas	Probabilitas (%)	Jumlah Data		Oi - Ei	$X^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
		O _i	E _i		
1	49,25 < x < 74,75	2	1	1	1.000
2	74,75 < x < 100,25	2	3	1	0.333
3	100,25 < x < 125,75	2	4	4	1.000
4	125,75 < x < 151,25	2	1	1	1.000
5	x > 151,25	2	1	1	1.000
Jumlah		10	10		4,333

- Hasil perhitungan pada Tabel 4.18 maka didapat:

$$X^2_{hitung} = 4,333$$

- Nilai X^2_{cr} yang diambil dari Tabel 2.9 adalah:

$$X^2_{cr} = 9,210$$

Syarat:

$$X^2_{hitung} < X^2_{cr}$$

$$4,333 < 9,210 \text{ (Memenuhi syarat).}$$

2. Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov.

No.	Tahun	Curah Hujan Max (mm) X_i	M	$P(X) = \frac{m}{N+1}$	$P(X <)$	$K = \frac{X - \bar{X}}{S_x}$	$P'(X) = \frac{m}{N+1}$	$D = P'(X) - P(X <)$
1	2010	164	1	0.0909	0.9091	1.9702	0.0526	-0.8565
2	2008	141	2	0.1818	0.8182	1.1916	0.1053	-0.7129
3	2012	112	3	0.2727	0.7273	0.2099	0.1579	-0.5694
4	2014	111	4	0.3636	0.6364	0.1760	0.2105	-0.4258
5	2015	106	5	0.4545	0.5455	0.0068	0.2632	-0.2823
6	2016	103	6	0.5455	0.4545	-0.0948	0.3158	-0.1388
7	2009	93	7	0.6364	0.3636	-0.4333	0.3684	0.0048
8	2013	87	8	0.7273	0.2727	-0.6364	0.4211	0.1483
9	2011	79	9	0.8182	0.1818	-0.9072	0.4737	0.2919
10	2007	62	10	0.9091	0.0909	-1.4827	0.5263	0.4354

Hasil perhitungan pada tabel diatas maka didapat:

$$D_{maks} = 0,4354$$

Nilai Kritis untuk uji Smirnov-Kolmogorov:

$$D_{cr} (0,01) = 0,49 \text{ (Tabel 2.10: Nilai Kritis untuk uji Smirnov-kolmogorov)}$$

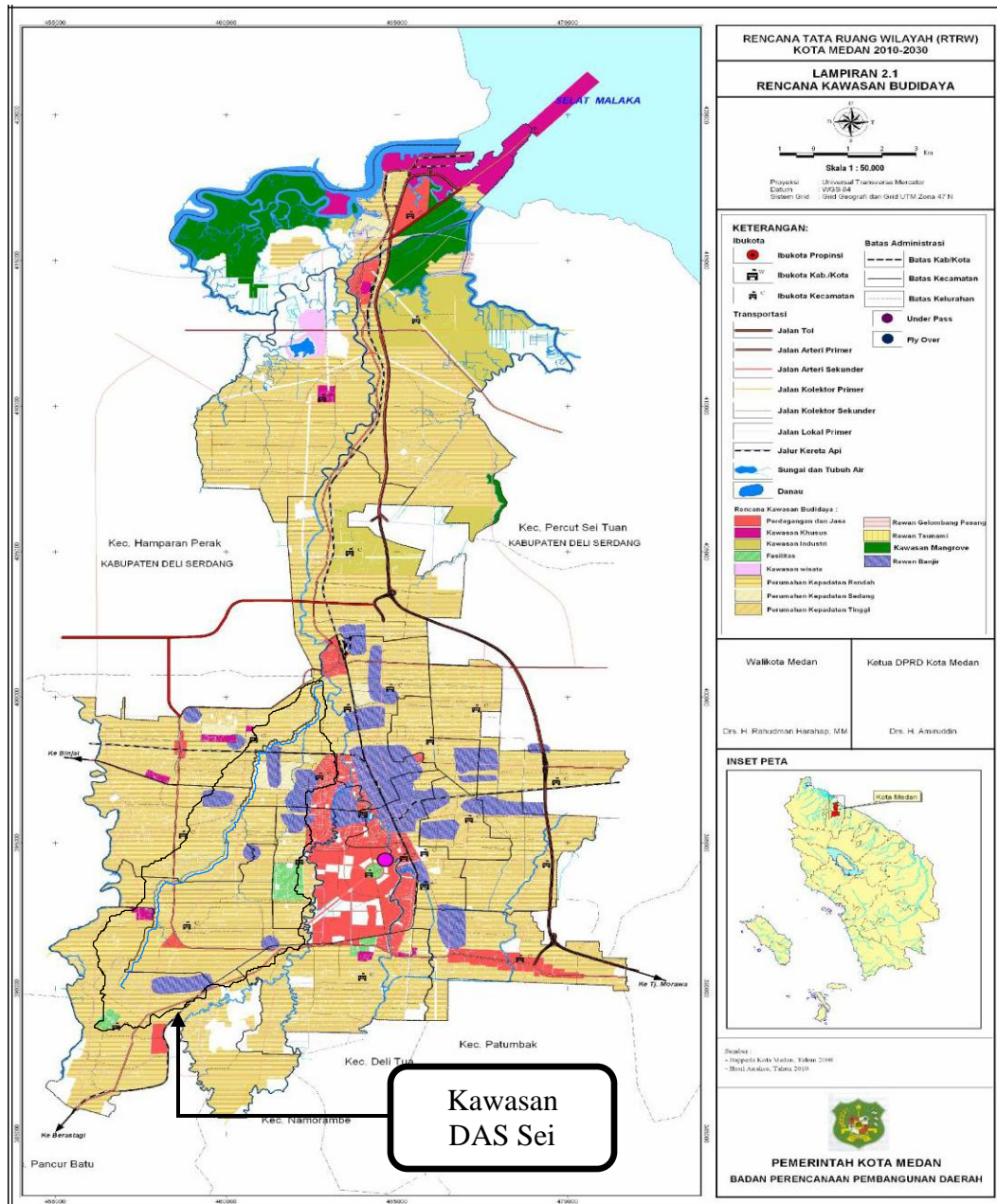
Syarat:

$$D_{maks} < D_{cr}$$

$$0,4354 < 0,49 \text{ (Memenuhi syarat).}$$

4.1.5 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Lokasi pengaliran DAS Sei Sikambing dapat dilihat pada Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan.

Zona penggunaan lahan di DAS Sei Sikambang dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Zona penggunaan lahan DAS Sei Sikambang.

No.	Zona Penggunaan Lahan	Luas Area (km ²)
1.	Pemukiman Padat	1,122
2.	Pemukiman Tidak Padat	32,957
3.	Tempat kegiatan/Perdagangan	0,862

Tabel 4.20: *Lanjutan.*

No.	Zona Penggunaan Lahan	Luas Area (km ²)
4.	Tanah dan ladang	2,913
5.	Perkebunan	3,913
6.	Semak Belukar	0,786
	Jumlah	42,553

Nilai koefisien pengaliran di DAS Sei Sikambing dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21: Nilai koefisien pengaliran DAS Sei Sikambing.

No.	Zona Penggunaan Lahan	Koefisien Limpasan (C)	Luas Area (ha)	C x A
1.	Pemukiman Padat	0,6	1,122	0,673
2.	Pemukiman Tidak Padat	0,5	32,957	16,479
3.	Tempat kegiatan/Perdagangan	0,8	0,862	0,691
4.	Tanah dan ladang	0,3	2,913	0,874
5.	Perkebunan	0,4	3,913	1,565
6.	Semak Belukar	0,2	0,786	0,157
	Jumlah		42,553	20,439

Nilai untuk koefisien limpasan (C) adalah:

$$C = \frac{20,439}{42,553} = 0,480$$

4.1.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan untuk perhitungan debit banjir rencana adalah Metode HSS Nakayasu. Kala ulang yang diperhitungkan dalam analisis debit banjir rancangan ini adalah 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun.

1. Metode HSS Nakayasu

Parameter-parameter DAS Sei Sikambing untuk perhitungan debit banjir adalah sebagai berikut:

- Luas DAS Sei Sikambing (A) = 42,553 km²
- Panjang sungai (L) = 15,248 km
- Koef. pengaliran DAS (C) = 0,480
- Curah hujan satuan (Ro) = 1 mm
- Parameter Tg (Waktu kelambatan)

Untuk panjang sungai L > 15 km, maka:

$$\begin{aligned}T_g &= 0,48 + 0,058 L \\ &= 1,364 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Parameter Tr (Waktu lama hujan)

$$\text{Syarat: } Tr = 0,5 T_g - 1,0 T_g$$

$$\begin{aligned}Tr &= 0,75 \times T_g \\ &= 1,023 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Parameter Tp (Waktu puncak)

$$\begin{aligned}T_p &= T_g + (0,8 \times Tr) \\ &= 2,182 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Parameter T_{0,3}

$$\text{Koefisien pembandingan } a = (1,5 - 3)$$

diambil a = 2, karena daerah pengalirannya biasa.

$$\begin{aligned}T_{0,3} &= a \times T_g \\ &= 2,728 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Menghitung Debit Puncak (Qp)

$$\begin{aligned}Q_p &= \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \\ &= \frac{0,48 \cdot 42,553 \cdot 1}{3,6 \cdot (0,3 \cdot 2,182 + 2,728)}\end{aligned}$$

$$= 1,677 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- Menghitung *Base Flow* (Q_b)

$$Q_b = 0,5 \times Q_p$$

$$= 0,839 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- Mencari ordinat *Hydrograph*

Untuk lengkung naik: $0 < t < T_p$

$$0 < t < 2,182 \text{ jam}$$

Untuk lengkung turun I: $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$2,182 \text{ jam} \leq t \leq (2,182 + 2,728) \text{ jam}$$

$$2,182 \text{ jam} \leq t \leq 4,910 \text{ jam}$$

Untuk lengkung turun II: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + (1,5 T_{0,3}))$

$$4,910 \text{ jam} \leq t \leq (4,910 + 4,092) \text{ jam}$$

$$4,910 \text{ jam} \leq t \leq 9,002 \text{ jam}$$

Untuk lengkung turun III: $t > (T_p + T_{0,3} + (1,5 T_{0,3}))$

$$t > (4,910 + 4,092) \text{ jam}$$

$$t > 9,002 \text{ jam}$$

Perhitungan debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_{25} tahun dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4.22: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambang menurut periode ulang Q_{25} tahun.

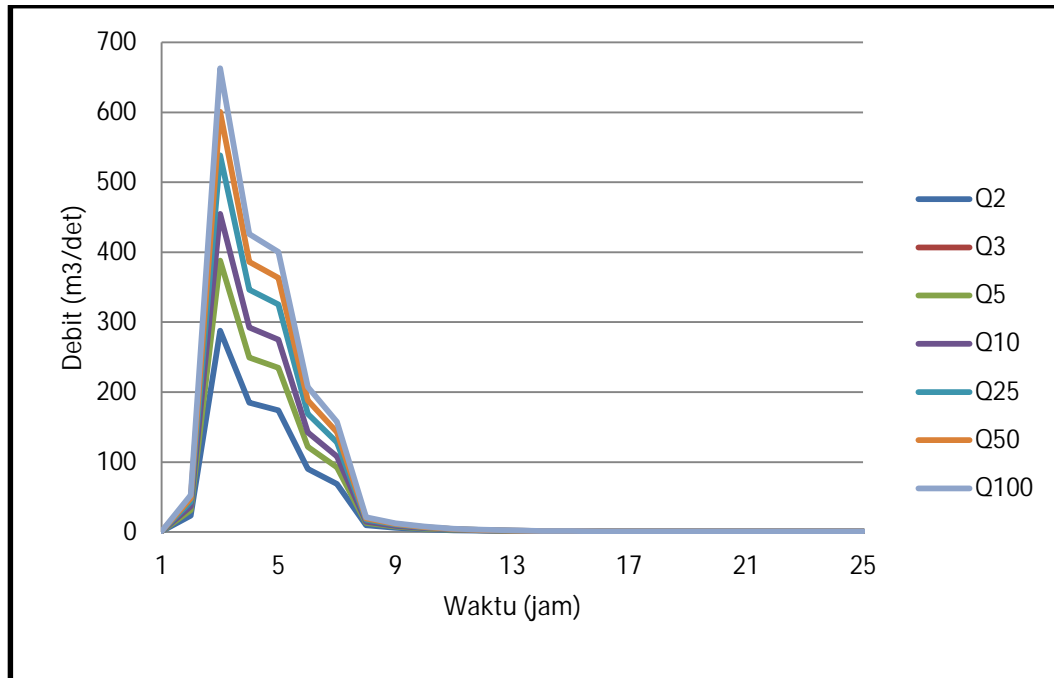
Waktu (jam)	Unit Hidrograf Q_t (m^3/dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m^3/dt)	Base Flow (m^3/dt)	Total Debit (m^3/dt)	Grand Total Debit (m^3/dt)
		1	2	3	4	5	6				
		104.91	28.61	20.98	13.35	13.35	9.54				
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	23.19	6.32	4.64	2.95	2.95	2.11	42.16	0.84	43.00	43.00
1.00	2.819	295.77	80.67	59.15	37.64	37.64	26.89	537.77	0.84	538.61	538.61
2.00	1.811	189.99	51.81	38.00	24.18	24.18	17.27	345.43	0.84	346.27	346.27
2.14	1.702	178.57	48.70	35.71	22.73	22.73	16.23	324.68	0.84	325.51	325.51
3.00	0.880	92.31	25.17	18.46	11.75	11.75	8.39	167.83	0.84	168.67	168.67
3.94	0.667	69.99	19.09	14.00	8.91	8.91	6.36	127.26	0.84	128.10	128.10
4.00	0.087	9.11	2.49	1.82	1.16	1.16	0.83	16.57	0.84	17.41	17.41
5.00	0.050	5.25	1.43	1.05	0.67	0.67	0.48	9.55	0.84	10.38	10.38
6.00	0.029	3.02	0.82	0.60	0.38	0.38	0.27	5.50	0.84	6.34	6.34
7.00	0.017	1.74	0.48	0.35	0.22	0.22	0.16	3.17	0.84	4.01	4.01
8.00	0.010	1.00	0.27	0.20	0.13	0.13	0.09	1.82	0.84	2.66	2.66
9.00	0.006	0.58	0.16	0.12	0.07	0.07	0.05	1.05	0.84	1.89	1.89
10.00	0.003	0.33	0.09	0.07	0.04	0.04	0.03	0.61	0.84	1.44	1.44
11.00	0.002	0.19	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.35	0.84	1.19	1.19
12.00	0.001	0.11	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.20	0.84	1.04	1.04
13.00	0.001	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.84	0.95	0.95
14.00	0.000	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.84	0.91	0.91
15.00	0.000	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.84	0.88	0.88
16.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.84	0.86	0.86
17.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
18.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
19.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
20.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
21.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel 4.22: *Lanjutan.*

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m ³ /dt)	Base Flow (m ³ /dt)	Total Debit (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /dt)
		1	2	3	4	5	6				
		104.91	28.61	20.98	13.35	13.35	9.54				
24.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel 4.23: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambang menurut periode ulang.

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /d)					
		Kala Ulang					
		2	5	10	25	50	100
0.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	23.32	31.20	36.41	43.00	47.89	52.74
1.00	2.819	287.61	388.06	454.57	538.61	600.94	662.85
2.00	1.811	185.04	249.57	292.29	346.27	386.31	426.08
2.14	1.702	173.98	234.62	274.77	325.51	363.15	400.53
3.00	0.880	90.34	121.68	142.44	168.67	188.12	207.44
3.94	0.667	68.70	92.47	108.21	128.10	142.85	157.50
4.00	0.087	9.68	12.77	14.82	17.41	19.33	21.24
5.00	0.050	5.93	7.71	8.89	10.38	11.49	12.59
6.00	0.029	3.77	4.80	5.48	6.34	6.98	7.61
7.00	0.017	2.53	3.12	3.51	4.01	4.37	4.74
8.00	0.010	1.81	2.15	2.38	2.66	2.87	3.09
9.00	0.006	1.40	1.60	1.73	1.89	2.01	2.13
10.00	0.003	1.16	1.27	1.35	1.44	1.51	1.58
11.00	0.002	1.02	1.09	1.13	1.19	1.23	1.27
12.00	0.001	0.95	0.98	1.01	1.04	1.06	1.09
13.00	0.001	0.90	0.92	0.94	0.95	0.97	0.98
14.00	0.000	0.87	0.89	0.89	0.91	0.91	0.92
15.00	0.000	0.86	0.87	0.87	0.88	0.88	0.89
16.00	0.000	0.85	0.85	0.86	0.86	0.86	0.87
17.00	0.000	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
18.00	0.000	0.85	0.85	0.84	0.85	0.85	0.85
19.00	0.000	0.85	0.85	0.84	0.85	0.85	0.85
20.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.85	0.85	0.85
21.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
24.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84



Gambar 4.3: Grafik Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Sungai Sei Sikambang menurut periode ulang.

4.2 Analisa Hidrolika

4.2.1 Analisis Kapasitas Penampang Sungai Eksisting

Untuk melakukan analisis kapasitas penampang sungai, maka diperlukan data penampang sungai eksisting pada lokasi penelitian yang terletak di Kel. Sei Sikambang C II, Kec. Helvetia, Medan. Data penampang sungai eksisting pada lokasi penelitian yang akan di analisa dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24: Dimensi penampang Sungai Sei Sikambang pada titik yang ditinjau.

Titik	STA (m)	Dimensi Saluran		Panjang Saluran (m)	Kondisi Eksisting Saluran
		B (m)	H (m)		
1	0+00 s/d 0+50	10,46	3,68	50	Tanah
2	0+50 s/d 0+100	9,47	3,08	50	Tanah
3	0+100 s/d 0+150	9,87	3,13	50	Tanah
4	0+150 s/d 0+200	7,43	2,88	50	Tanah
5	0+200 s/d 0+250	7,75	3,58	50	Tanah
6	0+250 s/d 0+300	9,41	3,35	50	Tanah

Tabel 4.24: *Lanjutan.*

Titik	STA (m)	Dimensi Saluran		Panjang Saluran (m)	Kondisi Eksisting Saluran
		B (m)	H (m)		
7	0+300 s/d 0+350	8,47	3,14	50	Tanah
8	0+350 s/d 0+400	11,55	3,56	50	Tanah
9	0+400 s/d 0+450	7,14	3,72	50	Tanah
10	0+450 s/d 0+515	10,15	3,19	65	Tanah
	Jumlah			515	

1. Perhitungan Kapasitas Penampang Sungai

Debit yang mampu ditampung oleh penampang sungai (Q_s) dapat diperoleh dengan rumus seperti dibawah ini:

$$Q_s = A_s \cdot V$$

Dimana:

$$A_s = \text{Luas penampang sungai (m}^2\text{)}$$

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

Kecepatan aliran di dalam saluran dihitung dengan menggunakan rumus Manning sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$R = A_s / P$$

$$P = B + 2H (m^2 + 1)^{0.5}$$

Dimana:

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

$$m = \text{Kemiringan dinding saluran}$$

$$n = \text{Koefisien kekasaran Manning}$$

$$R = \text{Jari-jari hidrolis (m)}$$

$$I = \text{Kemiringan dasar sungai}$$

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

Hasil perhitungan debit sungai (Q_s) pada titik yang ditinjau dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25: Debit sungai (Q_s) pada titik yang ditinjau.

Titik	Dimensi Saluran		m	I	As (m ²)	P (m)	R (m)	V (m/s)	Qs (m ³ /s)
	B (m)	H (m)							
1	10.46	3.68	1	0.022	52.035	20.869	2.493	5.456	283.927
2	9.47	3.08	1.6	0.002	44.346	21.093	2.102	1.468	65.111
3	9.87	3.13	1.4	0.002	44.609	20.640	2.161	1.496	66.714
4	7.43	2.88	1	0.0004	29.693	15.576	1.906	0.615	18.264
5	7.75	3.58	1	0.008	40.561	17.876	2.269	3.090	125.325
6	9.41	3.35	1	0.003	42.746	18.885	2.263	1.889	80.746
7	8.47	3.14	1	0.008	36.455	17.351	2.101	2.935	107.004
8	11.55	3.56	1	0.004	53.792	21.619	2.488	2.323	124.975
9	7.14	3.72	1	0.009	40.399	17.662	2.287	3.295	133.108
10	10.15	3.19	1.4	0.003	46.625	21.127	2.207	1.857	86.600

2. Perbandingan Debit Sungai (Q_s) dan Debit Rancangan Periode Ulang (Q_t)

Jika perbandingan $Q_s > Q_t$ maka penampang sungai eksisting dapat menampung debit puncak periode ulang. Dan jika perbandingan $Q_s < Q_t$ maka penampang sungai eksisting tidak dapat menampung debit puncak periode ulang, dan akan terjadi luapan air sungai.

Tabel 4.26: Perbandingan debit sungai (Q_s) dan debit periode ulang (Q_t).

Titik	Qs (m ³ /s)	Debit Rancangan Periode Ulang T (m ³ /s)						Hasil
		2	5	10	25	50	100	
1	283.927	287.61	388.06	454.57	538.61	600.94	662.85	Qs < Qt
2	65.111							Qs < Qt
3	66.714							Qs < Qt
4	18.264							Qs < Qt
5	125.325							Qs < Qt
6	80.746							Qs < Qt
7	107.004							Qs < Qt

Tabel 4.26: *Lanjutan.*

Titik	Qs (m ³ /s)	Debit Rancangan Periode Ulang T (m ³ /s)						Hasil
		2	5	10	25	50	100	
8	124.975	287.61	388.06	454.57	538.61	600.94	662.85	Qs < Qt
9	133.108							Qs < Qt
10	86.600							Qs < Qt

Dari tabel perbandingan debit saluran eksisting dengan debit puncak periode ulang maka dapat disimpulkan, bahwa penampang sungai pada titik yang ditinjau tidak dapat menampung debit rancangan periode ulang T.

4.2.2 Perencanaan Penampang Sungai Rencana

Perencanaan dimensi penampang sungai rencana harus mampu menampung debit banjir rancangan. Dengan kata lain debit sungai rencana (Q_{sr}) > debit rancangan periode ulang (Q_t), maka dimensi penampang sungai yang direncanakan dapat diterima. Dimensi penampang sungai rencana pada lokasi yang ditinjau direncanakan sama.

1. Perhitungan Dimensi Penampang Sungai Rencana

Direncanakan:

Penampang Trapesium

Lebar dasar saluran (B) = 12,5 m

Tinggi muka air (H) = 6 m

Kemiringan dinding saluran (m) = 3

- Luas penampang basah(A)

$$A = (B + mH) H$$

$$A = 183 \text{ m}^2$$

- Keliling basah (P)

$$P = B + 2H (m^2 + 1)^{0,5}$$

$$P = 50,447 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis (R)

$$R = A / P$$

$$R = 3,628 \text{ m}$$

- Kecepatan aliran (V)

Koefisien Manning (n) = 0,05 (Lapisan dengan tumbuh-tumbuhan)

$$\text{Kemiringan dasar saluran (I)} = ((\text{Elv. awal} - \text{Elv. akhir}) / L = (20,12 - 18,03) / 515 = 0,004)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$V = 2,988 \text{ m/s}$$

- Debit sungai rencana (Qsr)

$$Q_{sr} = V \times A$$

$$Q_{sr} = 546,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Perbandingan Debit Sungai Rencana dan Debit Rancangan Periode Ulang

Syarat:

$$\text{Debit sungai rencana (Qsr)} > \text{Debit rancangan periode ulang (Qt)}$$

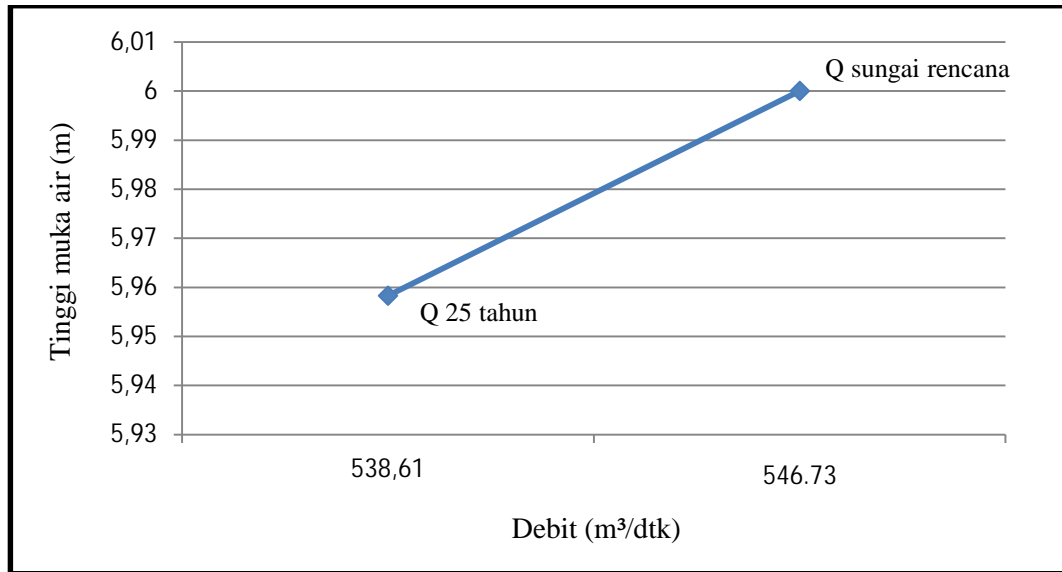
Perbandingan nilai debitnya dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27: Perbandingan debit Qsr dan debit Qt.

Periode Ulang T	Qt (m ³ /s)	Qsr (m ³ /s)	Hasil
2	287.61	546,73	Qsr > Qt
5	388.06	546,73	Qsr > Qt
10	454.57	546,73	Qsr > Qt
25	538.61	546,73	Qsr > Qt

Untuk rating kurva perbandingan debit sungai rencana dengan debit puncak periode ulang 25 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Dari rating kurva perbandingan debit sungai rencana dengan debit puncak periode ulang 25 tahun, maka dapat disimpulkan bahwa dimensi penampang sungai rencana dapat menampung debit puncak periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun.

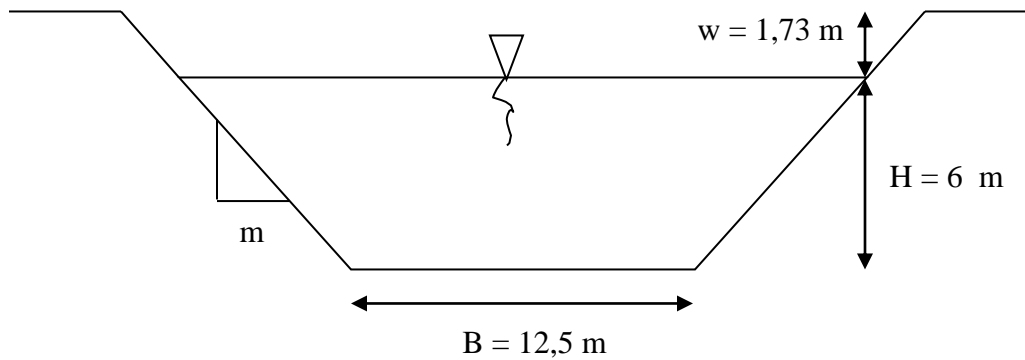


Gambar 4.4: Rating kurva perbandingan debit sungai rencana dengan debit puncak periode ulang 25 tahun.

3. Tinggi Jagaan Sungai

$$W = \sqrt{0,5 \times 6}$$

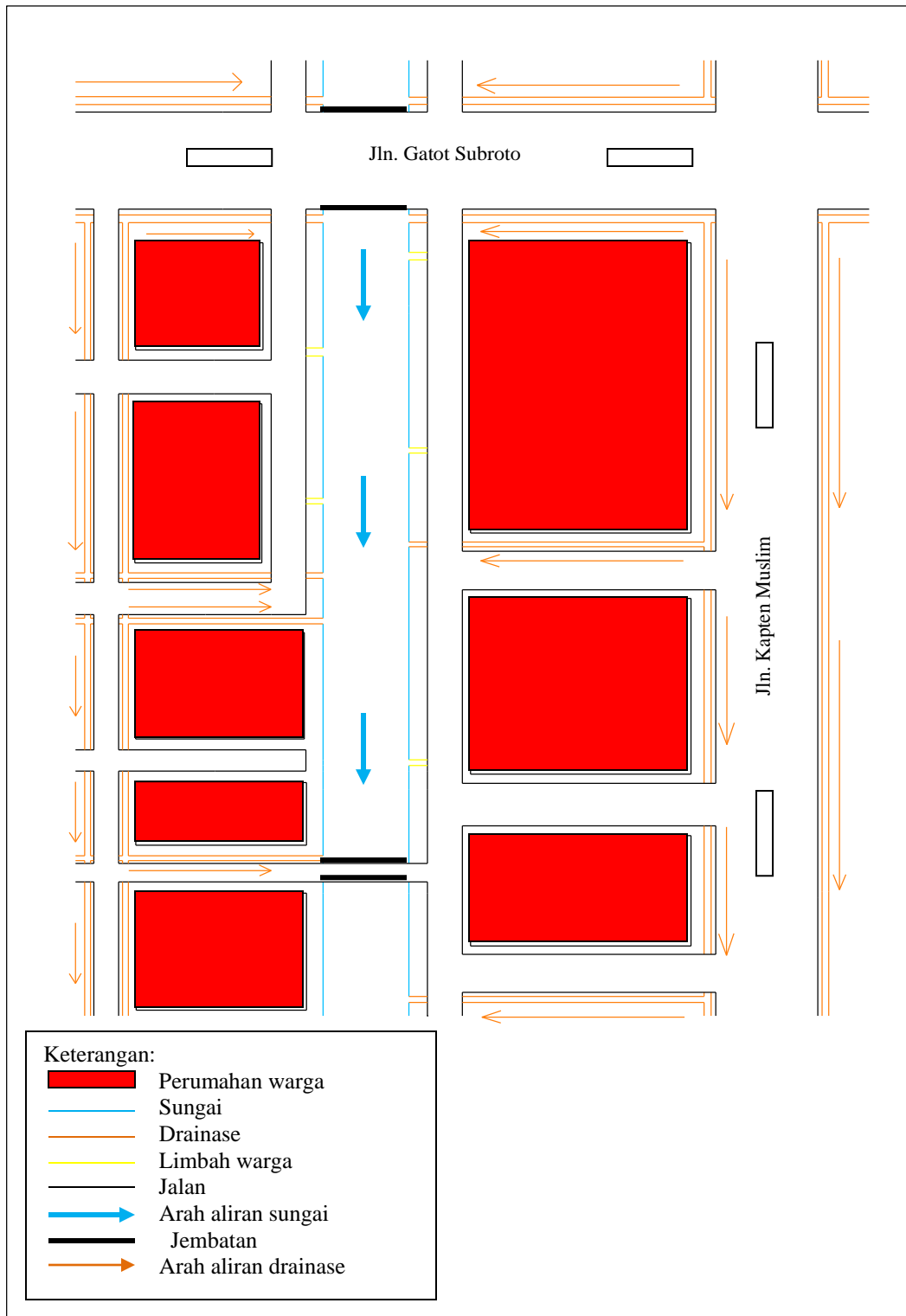
$$= 1,73 \text{ m}$$



Gambar 4.5: Dimensi penampang sungai rencana.

4. Skema Jaringan Sungai

Skema jaringan sungai pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Skema jaringan Sungai Sei Sikambang pada Kelurahan Sei Sikambang C II, Kecamatan Helvetia, Kota Medan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisa yang dilakukan, maka didapat debit puncak banjir yang diakibatkan oleh hujan rancangan pada DAS Sei Sikambing adalah:

- Untuk periode ulang (T) 2 tahun = 287.61 m³/s
- Untuk periode ulang (T) 5 tahun = 388.06 m³/s
- Untuk periode ulang (T) 10 tahun = 454.57 m³/s
- Untuk periode ulang (T) 25 tahun = 538.61 m³/s
- Untuk periode ulang (T) 50 tahun = 600.94 m³/s
- Untuk periode ulang (T) 100 tahun = 662.85 m³/s

2. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa penampang sungai eksisting pada titik yang ditinjau tidak dapat menampung debit puncak periode ulang (T) akibat hujan di DAS Sei Sikambing, sehingga terjadi luapan air sungai. Dimensi penampang sungai yang direncanakan untuk menampung debit puncak Q_{25} tahun adalah:

- Lebar sungai (B) = 12,5 m
- Tinggi muka air (H) = 6 m
- Tinggi jagaan sungai (w) = 1,73 m

5.2 Saran

1. Permasalahan banjir adalah hal yang sering terjadi disekitar sungai Sei Sikambing pada saat musim hujan. Salah satu penyebabnya adalah penampang sungai yang sudah tidak mampu menampung debit puncak akibat curah hujan, yang mengakibatkan air sungai naik ke permukaan. Sebaiknya dilakukan kebijakan untuk menangani permasalahan tersebut agar kerusakan pada sungai tidak terjadi terus menerus yang mengakibatkan kerugian lebih banyak lagi.

2. Perlu dilakukan analisa lanjutan yang lebih spesifik sehingga didapat data-data yang lebih akurat sebagai dasar dalam menangani permasalahan-permasalahan yang terjadi pada aliran sungai Sei Sikambing.
3. Selain dari itu, masyarakat sangat berperan penting dalam menjaga lingkungan agar tidak melakukan hal-hal yang dapat merusak lingkungan, seperti membuang sampah pada sungai yang bisa menyebabkan pendangkalan dan penyempitan badan sungai.
4. Hasil Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam hal penanganan banjir dan bisa menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya ataupun studi yang berkaitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2010) *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Gunawan, I. (2014) *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Harto, S. (1993) *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Istianto. (2013) *Pengendalian Banjir Sungai*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Universitas Gajah Mada.
- Joyce, M. W. dan Adidarma, W. (1982) *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Bandung: Penerbit Nova.
- Kamiana, I. M. (2011) *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kodoatie, R. J. dan Sjarief, R. (2008) *Pengelolaan Sumber Daya Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Montarich, L. (2009) *Hidrologi Teknik Sumber Daya Air-I*. Malang: Citra Malang.
- Reseda, A. (2012) *Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir di DAS Garang. Laporan Tugas Akhir*. Universitas Diponegoro.
- Sangsongko. (1985) *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sihotang, R. (2011) *Analisa Banjir Rancangan Dengan Metode HSS Nakayasu Pada Bendungan Gintung. Laporan Tugas Akhir*. Universitas Gunadarma.
- SK SNI M-18-1989-F. (1989) *Metode Perhitungan Debit Banjir*. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Soemarto, C. D. (1987) *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995) *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Penerbit Nova.
- Soewarno. (2000) *Hidrologi Operasional*. Bandung: PT. Aditya Bakti.
- Somantri, Y. G. (2014) *Analisis Kapasitas Sungai Dalam Mengendalikan Banjir Dengan Integrasi Antara Metode Rasional Dengan Program Win-Tr. Laporan Tugas Akhir*. Universitas Bengkulu.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. (2003) *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Subarkah, I. (1980) *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Penerbit Idea Dharma.

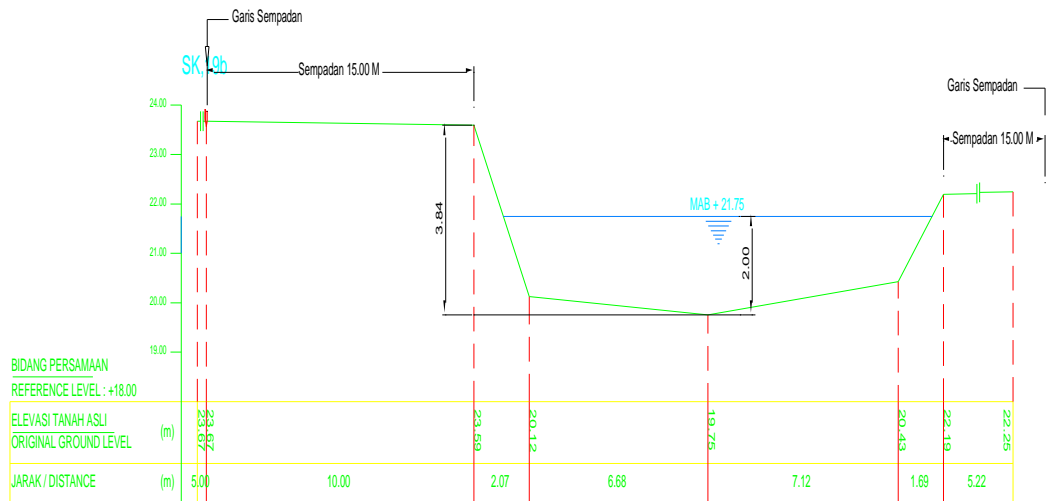
Syarifuddin, dkk. (2000) *Sains Geografi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Trisaputra, L. S. (2015) Analisa Kapasitas Pengendalian Banjir Dengan Perbandingan Metode Hss, Hechms dan Hec-ras di Daerah Aliran Sungai Sei Sikambing, Kabupaten Deli Serdang. *Laporan Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara, Medan.

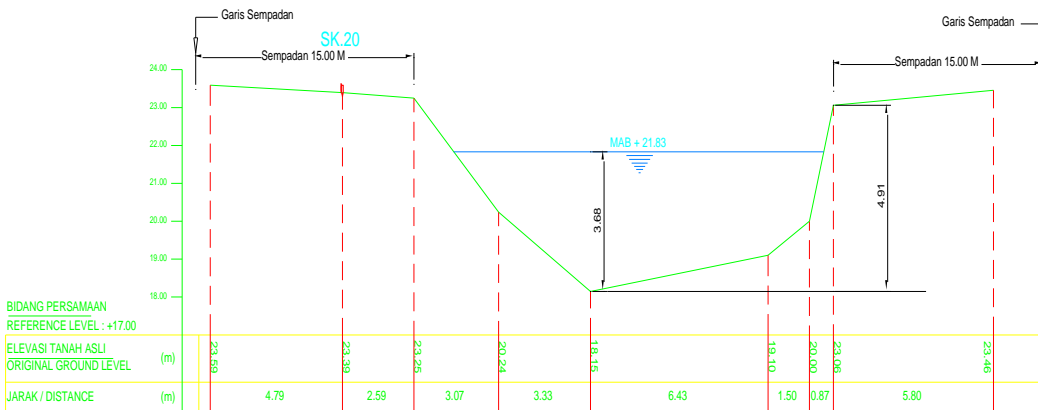
LAMPIRAN A
TABEL DAN GAMBAR
DATA

Tabel L.1: Data sungai sei sikambang.

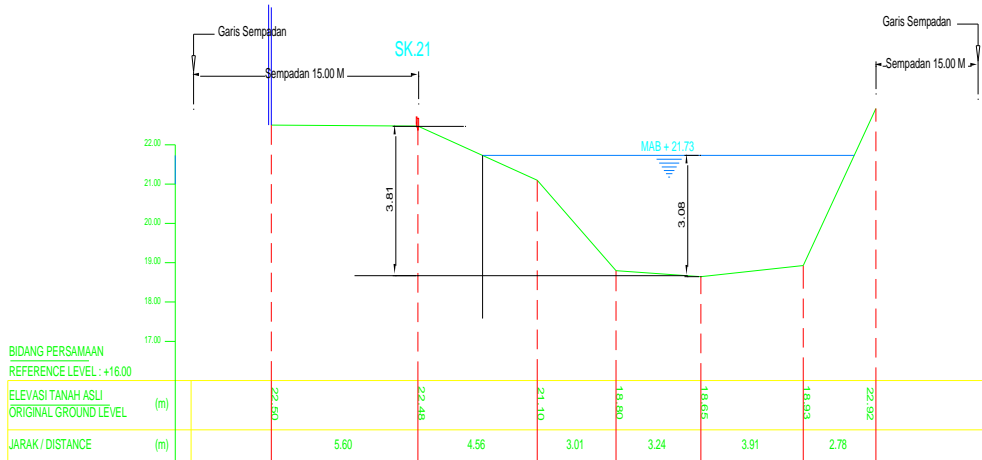
Section/Ruas sungai	Panjang Section (m)	Koordinat Geografis	Kawasan	Lokasi	Panjang Ruas Sungai (m)
				a. Kelurahan b. Kecamatan c. Kota/Kab	
Muara Sungai Putih s/d Jalan Raya Setia Budi (0+ 2047 s/d 0 +7018.50)	4971,5	03° 36' 38.93" LU 98° 39' 43.01" BT S/D 03° 35' 03.38" LU 98° 38' 37.20" BT	Dalam perkotaan	a. Hevetia timur b. Helvetia c. Kota Medan	2494
				a. Dwikora b. Hevetia c. Kota Medan	951
				a. Sei sikambang C II b. Helvetia c. Kota Medan	515
				a. Simpang tanjung b. Medan sunggal c. Kota Medan	1011,5
				Total	4971,5



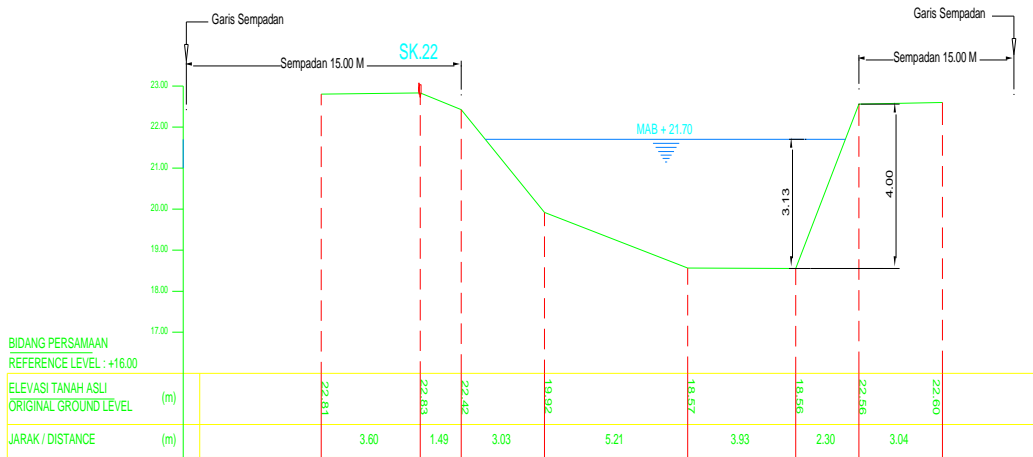
Gambar L.1: Penampang melintang (titik 0).



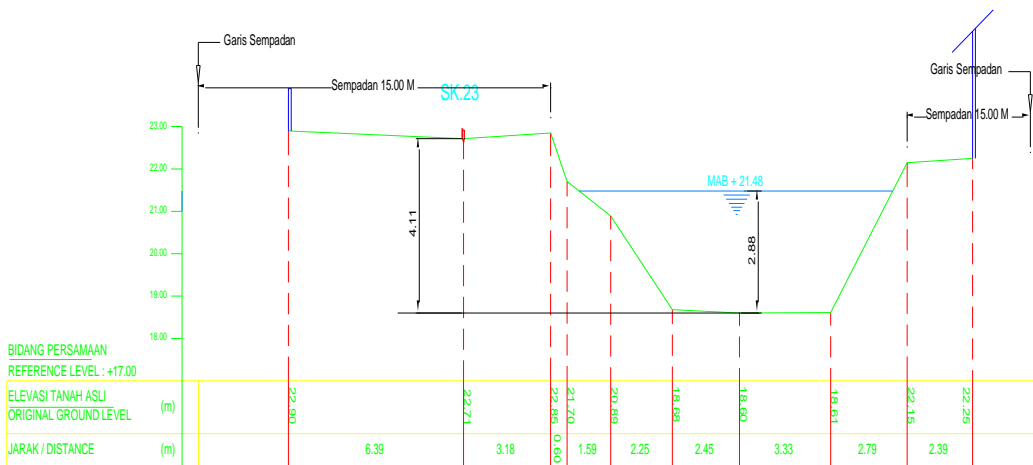
Gambar L.2: Penampang melintang sta. 0+00 s/d 0+50 (titik 1).



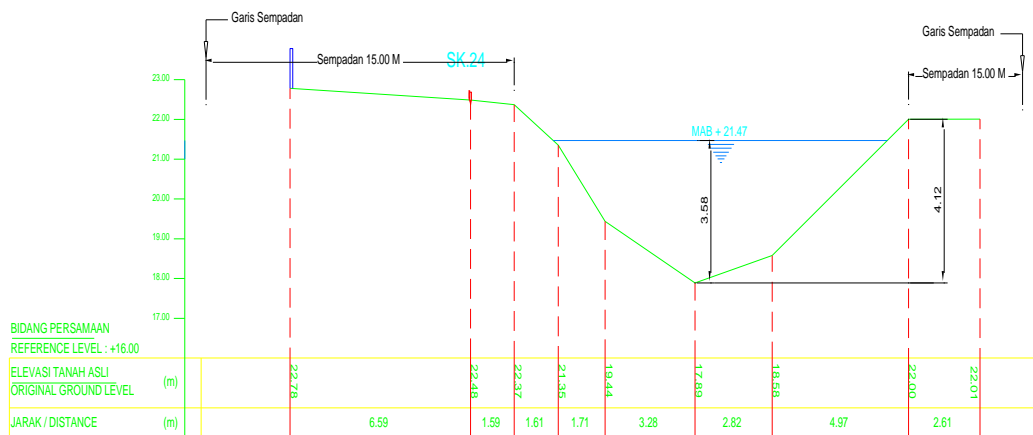
Gambar L.3: Penampang melintang sta. 0+50 s/d 0+100 (titik 2).



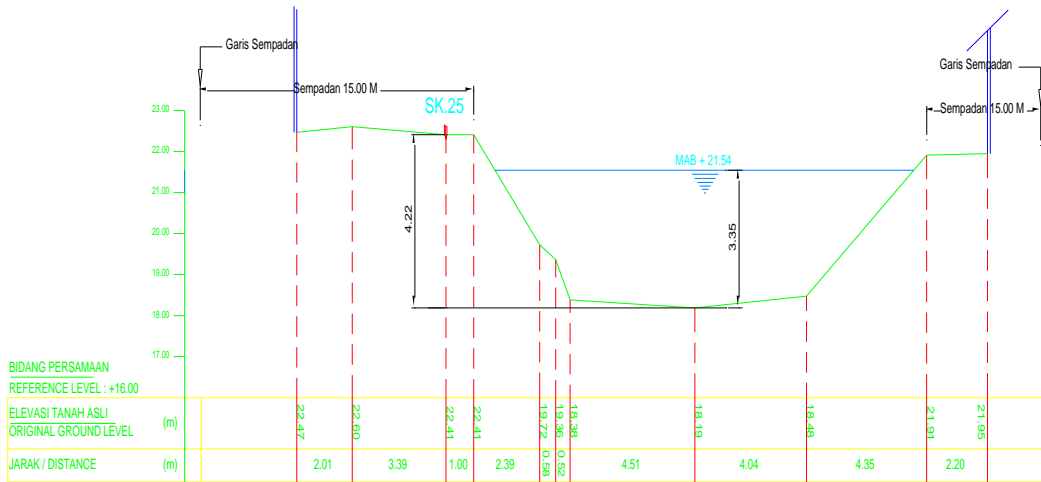
Gambar L.4: Penampang melintang sta. 0+100 s/d 0+150 (titik 3).



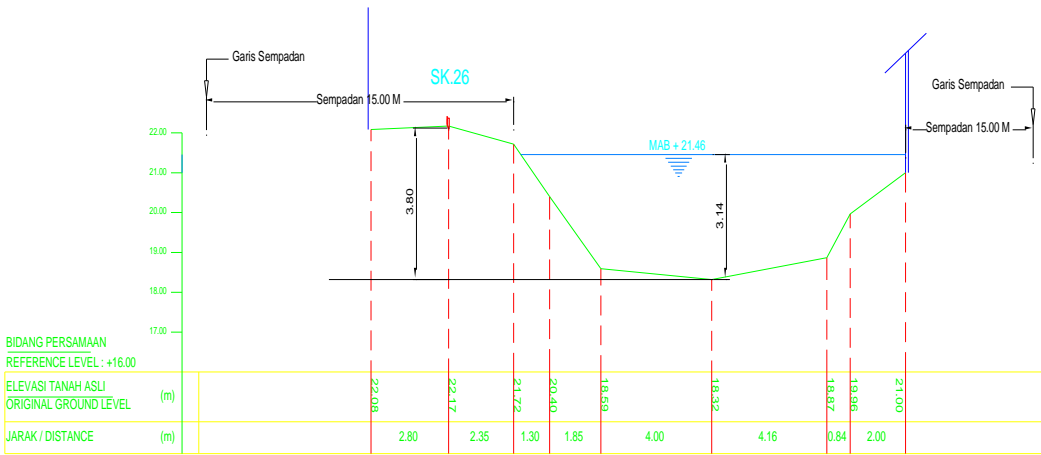
Gambar L.5: Penampang melintang sta. 0+150 s/d 0+200 (titik 4).



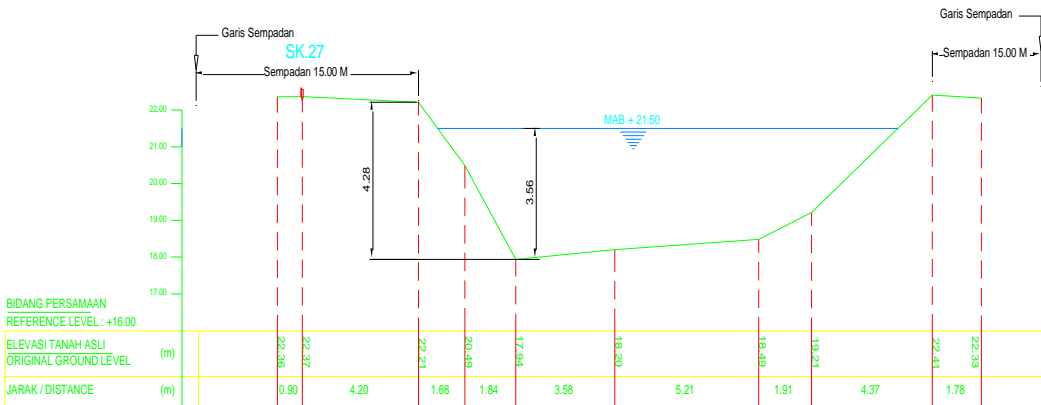
Gambar L.6: Penampang melintang sta. 0+200 s/d 0+250 (titik 5).



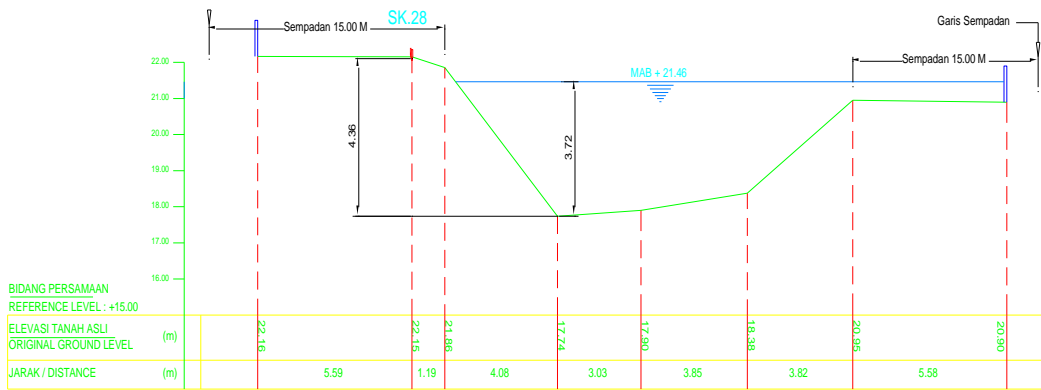
Gambar L.7: Penampang melintang sta. 0+250 s/d 0+300 (titik 6).



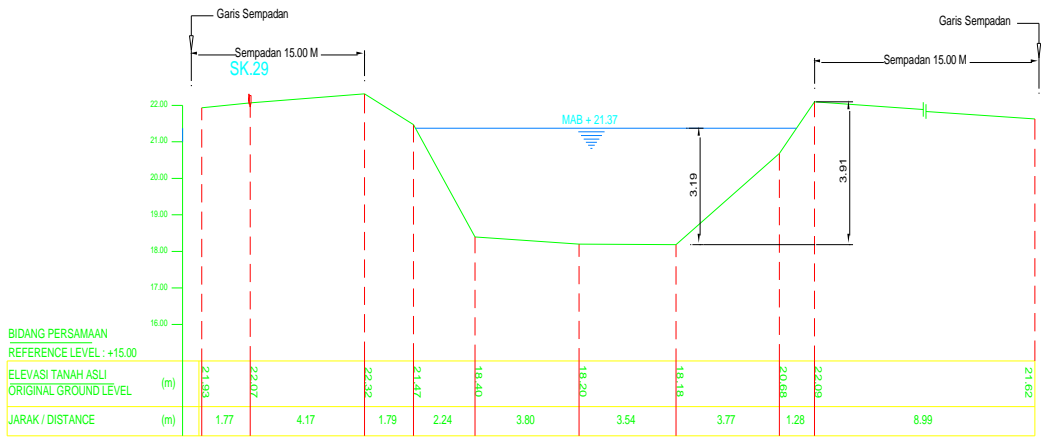
Gambar L.8: Penampang melintang sta. 0+300 s/d 0+350 (titik 7).



Gambar L.9: Penampang melintang sta. 0+350 s/d 0+400 (titik 8).



Gambar L.10: Penampang melintang sta. 0+400 s/d 0+450 (titik 9).



Gambar L.11: Penampang melintang sta. 0+450 s/d 0+515 (titik 10).

LAMPIRAN B
TABEL DAN GAMBAR
HASIL

Tabel L.1: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_2 tahun.

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Q_t (m^3/dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m^3/dt)	Base Flow (m^3/dt)	Total Debit (m^3/dt)	Grand Total Debit (m^3/dt)
		1	2	3	4	5	6				
		55.95	15.26	11.19	7.12	7.12	5.09				
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	12.37	3.37	2.47	1.57	1.57	1.12	22.49	0.84	23.32	23.32
1.00	2.819	157.73	43.02	31.55	20.07	20.07	14.34	286.77	0.84	287.61	287.61
2.00	1.811	101.31	27.63	20.26	12.89	12.89	9.21	184.21	0.84	185.04	185.04
2.14	1.702	95.23	25.97	19.05	12.12	12.12	8.66	173.14	0.84	173.98	173.98
3.00	0.880	49.22	13.42	9.84	6.26	6.26	4.47	89.50	0.84	90.34	90.34
3.94	0.667	37.33	10.18	7.47	4.75	4.75	3.39	67.86	0.84	68.70	68.70
4.00	0.087	4.86	1.33	0.97	0.62	0.62	0.44	8.84	0.84	9.68	9.68
5.00	0.050	2.80	0.76	0.56	0.36	0.36	0.25	5.09	0.84	5.93	5.93
6.00	0.029	1.61	0.44	0.32	0.21	0.21	0.15	2.93	0.84	3.77	3.77
7.00	0.017	0.93	0.25	0.19	0.12	0.12	0.08	1.69	0.84	2.53	2.53
8.00	0.010	0.54	0.15	0.11	0.07	0.07	0.05	0.97	0.84	1.81	1.81
9.00	0.006	0.31	0.08	0.06	0.04	0.04	0.03	0.56	0.84	1.40	1.40
10.00	0.003	0.18	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.32	0.84	1.16	1.16
11.00	0.002	0.10	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.19	0.84	1.02	1.02
12.00	0.001	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11	0.84	0.95	0.95
13.00	0.001	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.84	0.90	0.90
14.00	0.000	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.84	0.87	0.87
15.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.84	0.86	0.86
16.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
17.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
18.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
19.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
20.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
21.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.1: *Lanjutan.*

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m ³ /dt)	Base Flow (m ³ /dt)	Total Debit (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /dt)
		1	2	3	4	5	6				
		55.95	15.26	11.19	7.12	7.12	5.09				
24.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.2: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_5 tahun.

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Q_t (m^3/dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m^3/dt)	Base Flow (m^3/dt)	Total Debit (m^3/dt)	Grand Total Debit (m^3/dt)
		1	2	3	4	5	6				
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	16.70	4.55	3.34	2.13	2.13	1.52	30.36	0.84	31.20	31.20
1.00	2.819	212.97	58.08	42.59	27.11	27.11	19.36	387.22	0.84	388.06	388.06
2.00	1.811	136.80	37.31	27.36	17.41	17.41	12.44	248.73	0.84	249.57	249.57
2.14	1.702	128.58	35.07	25.72	16.36	16.36	11.69	233.78	0.84	234.62	234.62
3.00	0.880	66.47	18.13	13.29	8.46	8.46	6.04	120.85	0.84	121.68	121.68
3.94	0.667	50.40	13.75	10.08	6.41	6.41	4.58	91.63	0.84	92.47	92.47
4.00	0.087	6.56	1.79	1.31	0.84	0.84	0.60	11.93	0.84	12.77	12.77
5.00	0.050	3.78	1.03	0.76	0.48	0.48	0.34	6.87	0.84	7.71	7.71
6.00	0.029	2.18	0.59	0.44	0.28	0.28	0.20	3.96	0.84	4.80	4.80
7.00	0.017	1.25	0.34	0.25	0.16	0.16	0.11	2.28	0.84	3.12	3.12
8.00	0.010	0.72	0.20	0.14	0.09	0.09	0.07	1.31	0.84	2.15	2.15
9.00	0.006	0.42	0.11	0.08	0.05	0.05	0.04	0.76	0.84	1.60	1.60
10.00	0.003	0.24	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.44	0.84	1.27	1.27
11.00	0.002	0.14	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.25	0.84	1.09	1.09
12.00	0.001	0.08	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.14	0.84	0.98	0.98
13.00	0.001	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.08	0.84	0.92	0.92
14.00	0.000	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.84	0.89	0.89
15.00	0.000	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.84	0.87	0.87
16.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.84	0.85	0.85
17.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
18.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.84	0.84
19.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
20.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
21.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.2: *Lanjutan.*

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m ³ /dt)	Base Flow (m ³ /dt)	Total Debit (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /dt)
		1	2	3	4	5	6				
		75.54	20.60	15.11	9.61	9.61	6.87				
24.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.3: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_{10} tahun.

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Q_t (m^3/dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m^3/dt)	Base Flow (m^3/dt)	Total Debit (m^3/dt)	Grand Total Debit (m^3/dt)
		1	2	3	4	5	6				
		88.52	24.14	17.70	11.27	11.27	8.05				
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	19.57	5.34	3.91	2.49	2.49	1.78	35.58	0.84	36.41	36.41
1.00	2.819	249.55	68.06	49.91	31.76	31.76	22.69	453.73	0.84	454.57	454.57
2.00	1.811	160.30	43.72	32.06	20.40	20.40	14.57	291.45	0.84	292.29	292.29
2.14	1.702	150.66	41.09	30.13	19.18	19.18	13.70	273.94	0.84	274.77	274.77
3.00	0.880	77.88	21.24	15.58	9.91	9.91	7.08	141.60	0.84	142.44	142.44
3.94	0.667	59.06	16.11	11.81	7.52	7.52	5.37	107.37	0.84	108.21	108.21
4.00	0.087	7.69	2.10	1.54	0.98	0.98	0.70	13.98	0.84	14.82	14.82
5.00	0.050	4.43	1.21	0.89	0.56	0.56	0.40	8.05	0.84	8.89	8.89
6.00	0.029	2.55	0.70	0.51	0.32	0.32	0.23	4.64	0.84	5.48	5.48
7.00	0.017	1.47	0.40	0.29	0.19	0.19	0.13	2.67	0.84	3.51	3.51
8.00	0.010	0.85	0.23	0.17	0.11	0.11	0.08	1.54	0.84	2.38	2.38
9.00	0.006	0.49	0.13	0.10	0.06	0.06	0.04	0.89	0.84	1.73	1.73
10.00	0.003	0.28	0.08	0.06	0.04	0.04	0.03	0.51	0.84	1.35	1.35
11.00	0.002	0.16	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.29	0.84	1.13	1.13
12.00	0.001	0.09	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.17	0.84	1.01	1.01
13.00	0.001	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.10	0.84	0.94	0.94
14.00	0.000	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.84	0.89	0.89
15.00	0.000	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.84	0.87	0.87
16.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.84	0.86	0.86
17.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
18.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.84	0.84
19.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
20.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
21.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.3: *Lanjutan.*

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m ³ /dt)	Base Flow (m ³ /dt)	Total Debit (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /dt)
		1	2	3	4	5	6				
		88.52	24.14	17.70	11.27	11.27	8.05				
24.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.4: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_{50} tahun.

Waktu (jam)	Unit Hidrograf Q_t (m^3/dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m^3/dt)	Base Flow (m^3/dt)	Total Debit (m^3/dt)	Grand Total Debit (m^3/dt)
		1	2	3	4	5	6				
		117.07	31.93	23.41	14.90	14.90	10.64				
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	25.88	7.06	5.18	3.29	3.29	2.35	47.05	0.84	47.89	47.89
1.00	2.819	330.06	90.02	66.01	42.01	42.01	30.01	600.10	0.84	600.94	600.94
2.00	1.811	212.01	57.82	42.40	26.98	26.98	19.27	385.47	0.84	386.31	386.31
2.14	1.702	199.27	54.35	39.85	25.36	25.36	18.12	362.31	0.84	363.15	363.15
3.00	0.880	103.01	28.09	20.60	13.11	13.11	9.36	187.28	0.84	188.12	188.12
3.94	0.667	78.11	21.30	15.62	9.94	9.94	7.10	142.01	0.84	142.85	142.85
4.00	0.087	10.17	2.77	2.03	1.29	1.29	0.92	18.49	0.84	19.33	19.33
5.00	0.050	5.86	1.60	1.17	0.75	0.75	0.53	10.65	0.84	11.49	11.49
6.00	0.029	3.38	0.92	0.68	0.43	0.43	0.31	6.14	0.84	6.98	6.98
7.00	0.017	1.94	0.53	0.39	0.25	0.25	0.18	3.54	0.84	4.37	4.37
8.00	0.010	1.12	0.31	0.22	0.14	0.14	0.10	2.04	0.84	2.87	2.87
9.00	0.006	0.65	0.18	0.13	0.08	0.08	0.06	1.17	0.84	2.01	2.01
10.00	0.003	0.37	0.10	0.07	0.05	0.05	0.03	0.68	0.84	1.51	1.51
11.00	0.002	0.21	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.39	0.84	1.23	1.23
12.00	0.001	0.12	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.22	0.84	1.06	1.06
13.00	0.001	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0.84	0.97	0.97
14.00	0.000	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.07	0.84	0.91	0.91
15.00	0.000	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.84	0.88	0.88
16.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.84	0.86	0.86
17.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
18.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
19.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
20.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
21.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.4: *Lanjutan.*

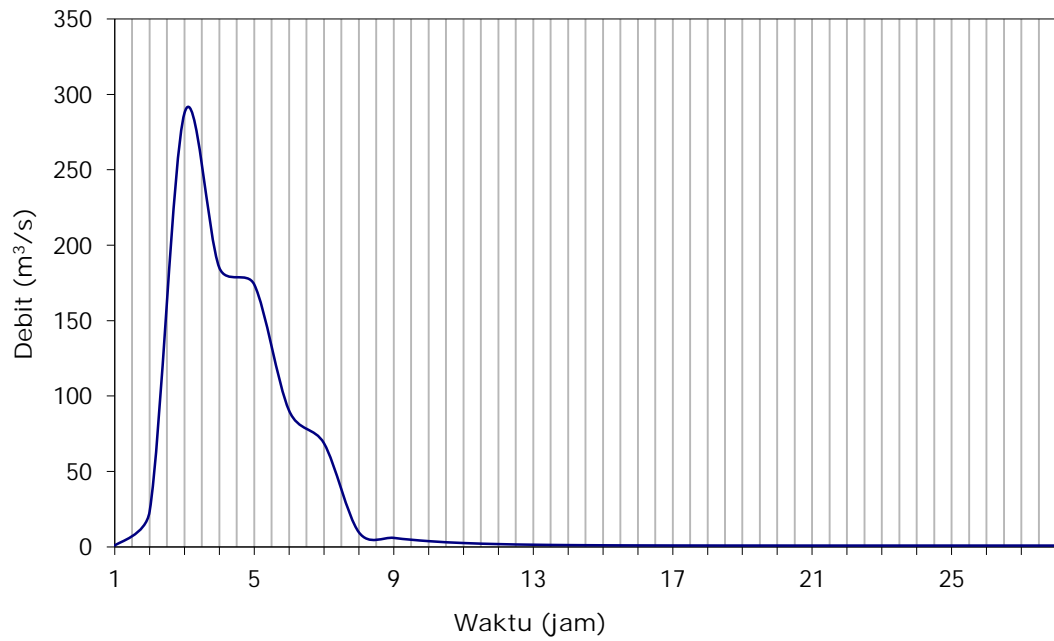
Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m ³ /dt)	Base Flow (m ³ /dt)	Total Debit (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /dt)
		1	2	3	4	5	6				
		117.07	31.93	23.41	14.90	14.90	10.64				
24.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.5: Debit banjir rancangan Sungai Sei Sikambing menurut periode ulang Q_{100} tahun.

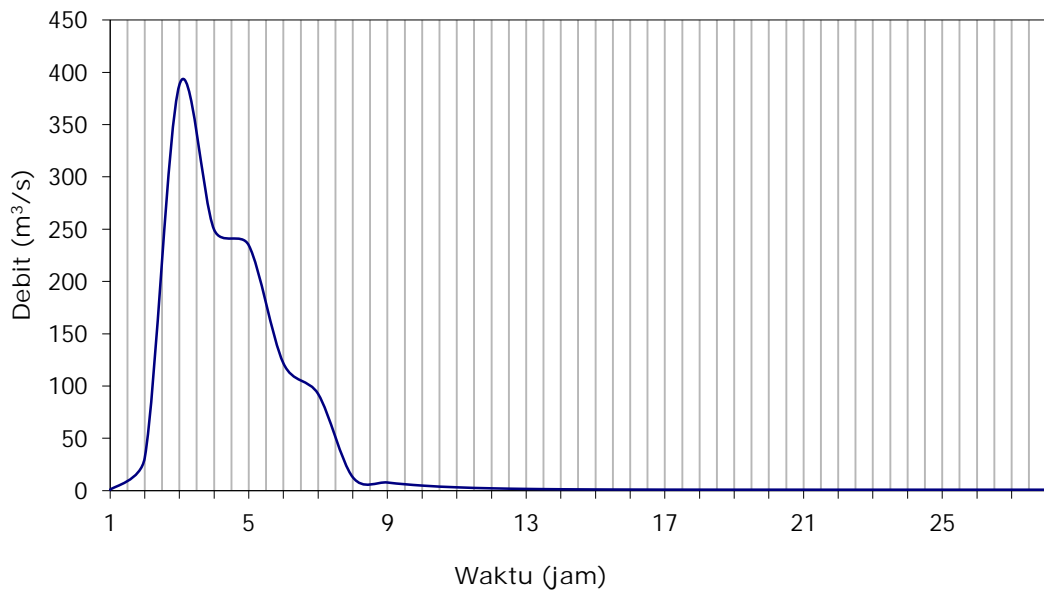
Waktu (jam)	Unit Hidrograf Q_t (m^3/dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m^3/dt)	Base Flow (m^3/dt)	Total Debit (m^3/dt)	Grand Total Debit (m^3/dt)
		1	2	3	4	5	6				
		129.15	35.22	25.83	16.44	16.44	11.74				
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
0.94	0.221	28.55	7.79	5.71	3.63	3.63	2.60	51.91	0.84	52.74	52.74
1.00	2.819	364.11	99.30	72.82	46.34	46.34	33.10	662.02	0.84	662.85	662.85
2.00	1.811	233.88	63.79	46.78	29.77	29.77	21.26	425.24	0.84	426.08	426.08
2.14	1.702	219.83	59.95	43.97	27.98	27.98	19.98	399.69	0.84	400.53	400.53
3.00	0.880	113.63	30.99	22.73	14.46	14.46	10.33	206.60	0.84	207.44	207.44
3.94	0.667	86.16	23.50	17.23	10.97	10.97	7.83	156.66	0.84	157.50	157.50
4.00	0.087	11.22	3.06	2.24	1.43	1.43	1.02	20.40	0.84	21.24	21.24
5.00	0.050	6.46	1.76	1.29	0.82	0.82	0.59	11.75	0.84	12.59	12.59
6.00	0.029	3.72	1.02	0.74	0.47	0.47	0.34	6.77	0.84	7.61	7.61
7.00	0.017	2.14	0.58	0.43	0.27	0.27	0.19	3.90	0.84	4.74	4.74
8.00	0.010	1.24	0.34	0.25	0.16	0.16	0.11	2.25	0.84	3.09	3.09
9.00	0.006	0.71	0.19	0.14	0.09	0.09	0.06	1.29	0.84	2.13	2.13
10.00	0.003	0.41	0.11	0.08	0.05	0.05	0.04	0.75	0.84	1.58	1.58
11.00	0.002	0.24	0.06	0.05	0.03	0.03	0.02	0.43	0.84	1.27	1.27
12.00	0.001	0.14	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.25	0.84	1.09	1.09
13.00	0.001	0.08	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.14	0.84	0.98	0.98
14.00	0.000	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.08	0.84	0.92	0.92
15.00	0.000	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05	0.84	0.89	0.89
16.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.84	0.87	0.87
17.00	0.000	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.84	0.85	0.85
18.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.85	0.85
19.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.84	0.84	0.84
20.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
21.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
22.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
23.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84

Tabel L.5: *Lanjutan.*

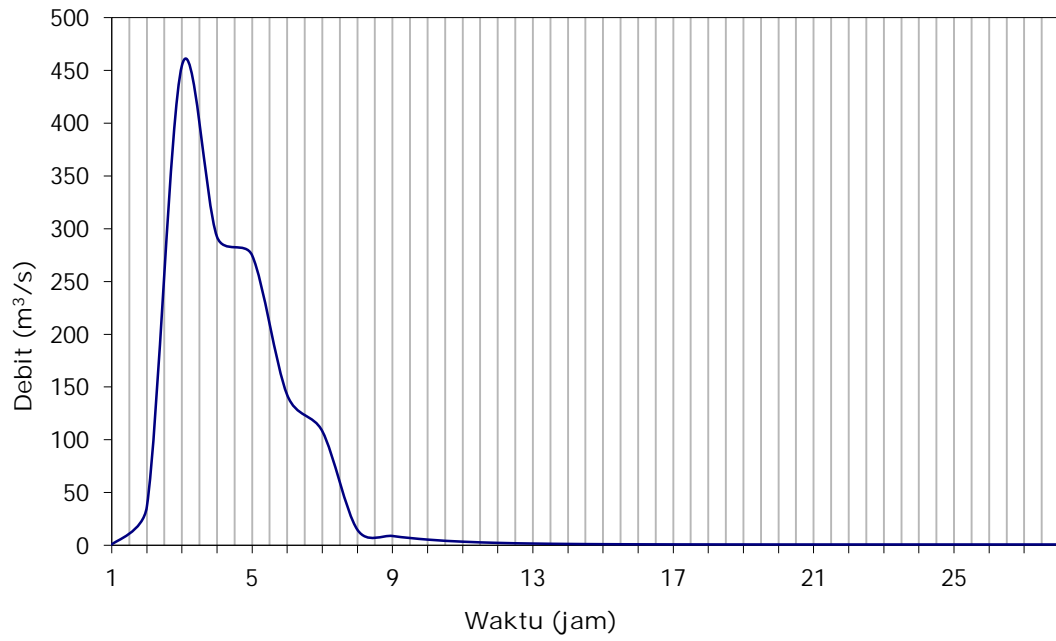
Waktu (jam)	Unit Hidrograf Qt (m ³ /dt)	Design Rainfall (mm/jam)						Limpasan Langsung (m ³ /dt)	Base Flow (m ³ /dt)	Total Debit (m ³ /dt)	Grand Total Debit (m ³ /dt)
		1	2	3	4	5	6				
		129.15	35.22	25.83	16.44	16.44	11.74				
24.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
25.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
26.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
27.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
28.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
29.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
30.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84
31.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84



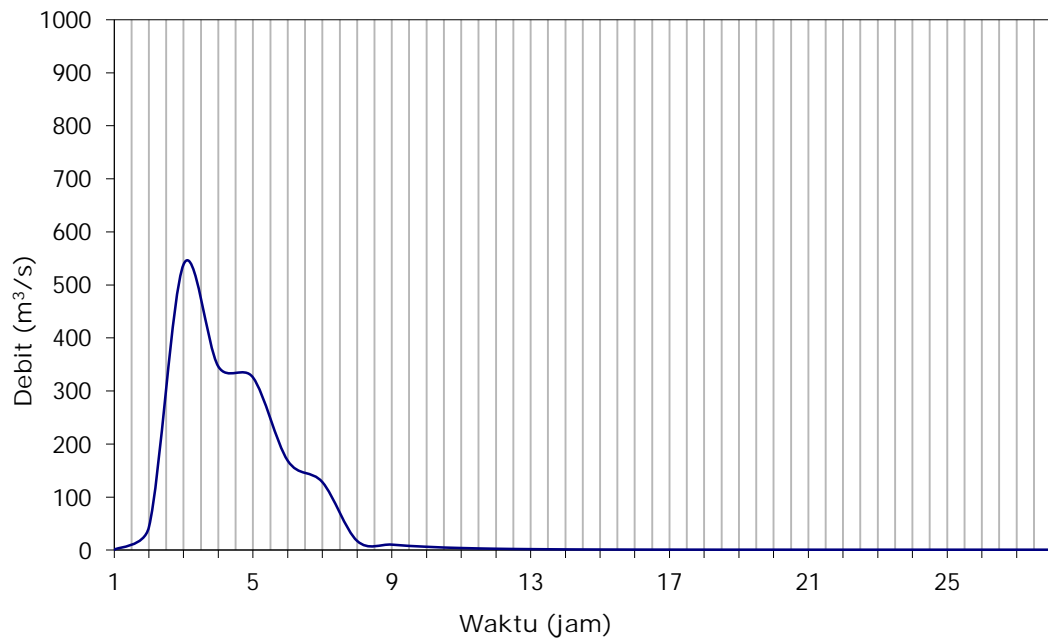
Gambar L.1: Hidrograf Nakayasu Sungai Sei Sikaming 2 Tahun.



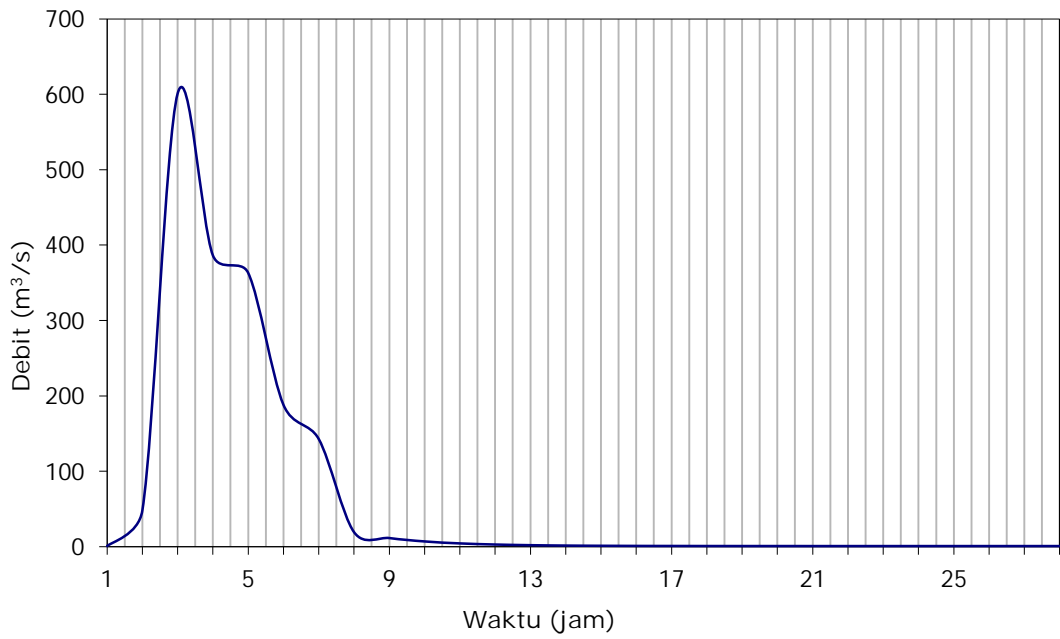
Gambar L.2: Hidrograf Nakayasu Sungai Sei Sikaming 5 Tahun.



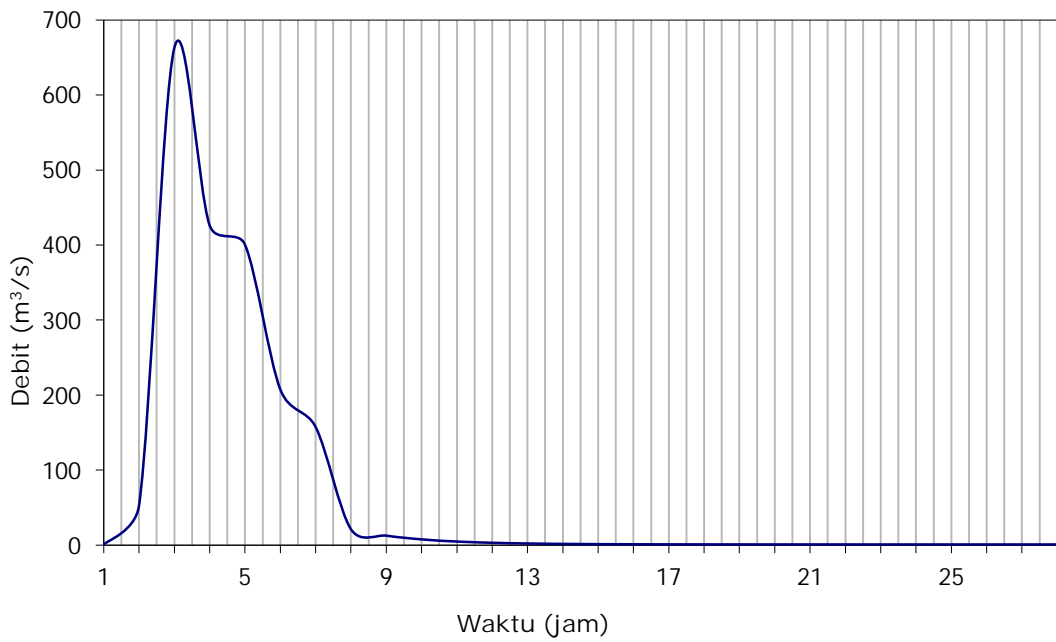
Gambar L.3: Hidrograf Nakayasu Sungai Sei Sikambing 10 Tahun.



Gambar L.4: Hidrograf Nakayasu Sungai Sei Sikambing 25 Tahun.



Gambar L.5: Hidrograf Nakayasu Sungai Sei Sikambing 50 Tahun.



Gambar L.6: Hidrograf Nakayasu Sungai Sei Sikambing 100 Tahun.

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI



Gambar L.1: Sungai Sei Sikambing pada lokasi penelitian (Bagian hulu).



Gambar L.2: Sungai Sei Sikambing pada lokasi penelitian (Bagian tengah).



Gambar L.3: Sungai Sei Sikambing pada lokasi penelitian (Bagian hilir).

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Sayed Mhd Riza Fattah
Tempat, Tanggal Lahir : Panyabungan, 9 Januari 1994
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Tanobato, Kecamatan Panyabungan Selatan,
Kabupaten Mandailing Natal
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Sayed Janur
Ibu : Fadillah
No.HP : 085362127833
E-Mail : sayedmhdrizafattah@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210139
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Negeri 150 Tanobato	2006
2	SMP	SMP Negeri 1 Panyabungan Selatan	2009
3	SMA	SMA Negeri 1 Panyabungan Selatan	2012
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		