

TUGAS AKHIR

**EVALUASI ELEVASI MUKA AIR BANJIR PADA BENDUNG TIRTA
SARI SUNGAI BINGEI DI KOTA BINJAI
(STUDI KASUS)**

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

Disusun oleh:

BRAMCHAN NAUFAL ROZISITEPU
1707210120



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bramchan Naufal Rozi Sitepu
NPM : 1707210120
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Elevasi Muka Air Banjir Pada Bendung
Tirta Sari Sungai Binge Di Kota Binjai
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 5 Februari 2022

Dosen Pembimbing



Sayed Iskandar Muda, S.T, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

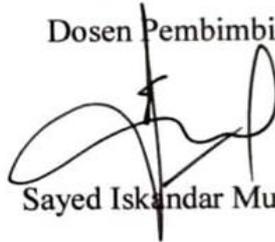
Nama : Bramchan Nauafal Rozi Sitepu
Npm : 1707210120
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Evaluasi Elevasi Muka Air Banjir Pada Bendung
Tirta Sari Sungai Binge Di Kota Binjai
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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, 18 Juli 2022

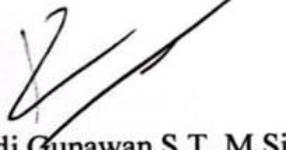
Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing/Penguji



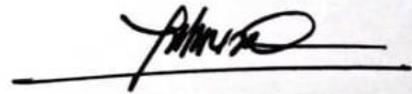
Sayed Iskandar Muda, S.T, M.T

Dosen Pembanding I/Penguji



Randi Gunawan S.T, M.Si

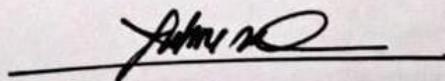
Dosen Pembanding II/Penguji



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

Program Studi Teknik Sipil

Ketua:



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bramchan Nauafal Rozi Sitepu
Tempat/Tanggal Lahir : Binjai , 28 – Desember –1999
Npm : 1707210120
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Evaluasi Elevasi Muka Air Banjir Pada Bendung Tirta Sari Sungai Binge Di Kota Binjai”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dan kenyataannya saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Juli 2022



ABSTRAK

EVALUASI ELEVASI MUKA AIR BANJIR PADA BENDUNG TIRTA SARI SUNGAI BINGEI DI KOTA BINJAI

BRAMCHAN NAUFAL ROZI SITEPU
1707210120
SAYED ISKANDAR MUDA ST. MT

Banjir merupakan suatu bencana alam yang terjadi karena meluapnya sejumlah debit air dari sungai yang dikarenakan tingginya intensitas curah hujan pada suatu daerah. Penelitian ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu yang berguna untuk menentukan debit banjir. Di bendung tirta sari sungai bingei ini sering terjadi hujan sehingga meningkatnya intensitas curah hujan pada daerah sungai bingei di kota binjai kecamatan satria. metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode hidrograf satuan sintesis nakayasu. Data curah hujan harian maksimum dapat diperoleh dari BMKG Simpali. Curah hujan harian maksimum dihitung untuk mendapatkan curah hujan rencana yang dihitung dengan Metode Distribusi Normal, Log Normal, Pearson, Log Person Tipe-III dan Gumbel, sehingga dipilih analisa Distribusi Log pearson Tipe-III dgn simpangan terkecil. Adapun karakteristik daerah aliran sungai DAS pada titik – titik yang di tinjau yaitu, Luas daerah aliran sungai sebesar DAS = 301,00 Km² dan Panjang Sungai = 46,30 Km dengan daerah bendung tirta sari sungai bingei berada di Perkampungan dan Perkebunan. Tujuan penelitian ini diantaranya untuk mengetahui muka air banjir pada sungai sungai bingei. Sehingga dapat diketahui penyebab banjir dibagian hulu bendung.

Kata Kunci : Bendung Sungai Bingei, Banjir, Curah hujan, Hidrograf satuan sintesis Nakayasu

ABSTRACT

EVALUATION OF HIGHEST WATER LEVEL ABOVE TIRTA SARI WEIR AT BINGEI RIVER BINJAI CITY

BRAMCHAN NAUFAL ROZI SITEPU
1707210120
SAYED ISKANDAR MUDA ST. MT

Flood is a disaster caused by high intensity of rainfall in an area. At Upstream of tirta sari weir, villager blame the weir which causing flood in their villages. This research investigate the flood by evaluating of highest water level above tirta sari weir and analys water level at upstream using direct – step methode. to calculate the flood, this research use Nakayasu synthesis unit hydrograph method. Maximum daily rainfall data can be obtained from BMKG Simpali. The maximum daily rainfall is calculated to obtain the rainfall causing the flood using the Normal Distribution Method, Log Normal, Pearson, Log Person Type-III and Gumbel. watershed at the points reviewed, is about 301.00 Km² and the length of the river is 46.30 Km. the tirta sari weir is located between Village and Plantation. The result is the higest water level 38,690 mdpl came form Q_{100} which is 530 m³/s.

Keywords: Bingei River weir, Flood, rainfall, Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Penulis mengucapkan Alhamdulillah, puji dan syukur dipanjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat dan salam kepada Baginda Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah memberi keteladanan dalam menjalankan segala aktifitas didalam kehidupan ini sehingga tugas akhir penulis dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk melengkapi persyaratan dan mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dengan judul tugas akhir “EVALUASI ELEVASI MUKA AIR BANJIR PADA BENDUNG TIRTA SARI SUNGAI BINGE DI KOTA BINJAI” Dalam penulisan tugas akhir, penulis menghadapi berbagai kendala, maka dari itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sayed Iskandar Muda S.T, M.T., sebagai dosen pembimbing yang telah banyak mendukung, memberi masukan, bimbingan dan menyempatkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan proposal.
2. Bapak Randi Gunawan S.T, M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. DR. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Prodi Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan segala ilmu pengetahuan dan pengalaman kepada peneliti baik selama masa pelaksanaan maupun dalam penyusunan proposal ini.
8. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewah kepada Kepada Orang Tua saya Ayahanda Sulaiman Sitepu dan ibunda Widyanti Isniarti yang telah memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
10. Terkhusus untuk saudari (Nadra Shafura dan Syarifah Ade Mastura) yang telah memberikan semangat kepada penulis.
11. Kepada keluarga besar yang selalu memberikan kasih sayang dan selalu memberikan dukungan.
12. Teman-teman seperjuangan skripsi yang selalu saling menyemangati satu sama lain dalam penyelesaian skripsi.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Tugas akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang banyak bagi berbagai pihak terkhusus bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 6 Juni 2022

Penulis



Bramchan Naufal Rozi Sitepu

1707210120

DAFTAR ISI

LEBAR PERSTUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGSAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Hidrologi	5
2.1.1 Siklus Hidrologi	5
2.1.2 Analisa Hidrologi	6
2.1.3 Analisa hidrolika	7
2.1.4 Analisa Frekuensi Curah Hujan	12
2.1.5 Cara Pengujian Distribusi	18
2.1.6 Hujan dan curah hujan	20
2.1.7 Intensitas Curah Hujan	25
2.1.8 Curah Hujan Rata-Rata Daerah	26
2.1.9 Metode HSS Nakayasu	27
2.1.10 Koefisien Limpasan	31
2.1.11 Parameter Distribusi	33

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	33
2.2.1 Sungai	36
2.2.2 Banjir	40
2.2.3 Kajian Pengendalian Banjir	43
2.2.4 Debit Aliran	46
2.2.5 Penggunaan Lahan	47
2.2.6 Normalisasi penampang sungai	48
2.3 Bendung	48
2.3.1 Perencanaan Struktur Bendung	51
2.3.2 Lebar Bendung	51
2.3.3 Mercu Bendung	52
2.3.4 Bangunan Pengambilan (<i>Intake</i>)	54
2.2.4 Bangunan Pembilas	54
2.2.5 Bangunan Peredam Energi	55
2.2.6 Kolam Olak	56
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	57
3.2 Pengumpulan Data	58
3.3 Metode Penelitian	59
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisa curah hujan kawasan	60
4.2 Analisa frekuensi curah hujan	63
4.2.1 Metode distribusi normal	66
4.2.2 Metode distribusi log normal	64
4.2.3 Metode distribusi log pearson III	65
4.2.4 Metode distribusi gumbel	66
4.3 Hidrograf Banjir Rencana	68
4.4 Analisa Banjir Rencana Pada Lokasi Sungai Bingei Binjai	68
4.5 Analisa Back Water	79
BAB 5 KESILMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81

DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	84
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sungai Bingei Kota Binjai	2
Gambar 2. 1 Daur Siklus Hidrologi	5
Gambar 2.2 Penampang melintang sungai	10
Gambar 2.3 Proses terbentuknya hujan konvektif	20
Gambar 2.4 Proses terbentuknya hujan orografis	21
Gambar 2.5 Terbentuknya hujan karena pertemuan massa udara panas dan dingin	22
Gambar 2.6 Ilustrasi 1 milimeter curah hujan	23
Gambar 2.7 Alat ukur hujan ombrometer dan jenis Hellman	24
Gambar 2.8 Poligon Thiessen	27
Gambar 2.9 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	29
Gambar 2.10 Luas Das	34
Gambar 2.11 bagian - bagian sungai	38
Gambar 2.12 Mercu tipe bulat	53
Gambar 2.13 Mercu Tipe Ogee	54
Gambar 3.1 Peta Lokasi	57
Gambar 3.2 Bagan Alir	59
Gambar 4.1 Lokasi Stasiun Hujan pada Cacthment Area Kajian	60
Gambar 4.2 Daerah Aliran Sungai (DAS) pada Bendung Tirtasari	62
Gambar 4.3 Kurva Hidrograf Nakayashu Sungai Bingei	78
Gambar 4.4 Profil Melintang Sungai Bingei Berdasarkan Perhitungan Debit Banjir	79
Gambar 4.5 Detail Tinggi Muka Air Berdasarkan Perhitungan Debit Banjir dengan beberapa periode Kala Ulang	80
Gambar L.1 Gambar Sungai	84
Gambar L 2 Gambar aliran di bendung	84
Gambar L. 3 Survei Lokasi Penelitian	85
Gambar L. 4 Survei Lokasi Penelitian	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Nilai koefisien kekasaran saluran Manning (n).	8
Tabel 2.2: Karakteristik saluran.	11
Tabel 2.3: Tinggi jagaan sungai.	11
Tabel 2.4: Nilai variabel reduksi gauss	14
Tabel 2.5: Nilai K untuk distribusi Log-Person III	16
Tabel 2.6: <i>Reduced Mean</i> , Y_n	17
Tabel 2.7: <i>Reduced Standard Deviation</i> , S_n	17
Tabel 2.8: Reduksi Variat (YTR) sebagai fungsi Periode Ulang Gumbel	18
Tabel 2.9 Tabel Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi	19
Tabel 2.10 Pengaliran Koefisien (C)	29
Table 2.11 Parameter distribusi frekuensi	33
Tabel 2.12 Harga Koefisien Kontraksi	52
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Stasiun Hujan BPP Binjei Selatan	63
Tabel 4.2 Curah Hujan Maksimum Berdasarkan Rangkaing	64
Tabel 4.3 Distribusi frekuensi data hujan dengan beberapa metode (mm)	67
Tabel 4.4 Hujan Rancangan Harian Maksimum dengan Kala Ulang T	67
Tabel 4.5 Input Unit Hidrograf Sungai Bingei pada lokasi kajian	69
Tabel 4.6 Distribusi Curah Hujan Rencana	69
Tabel 4.7 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 2 Tahun ($Q_{2\text{th}}$)	70
Tabel 4.8 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 5 Tahun ($Q_{5\text{th}}$)	71
Tabel 4.9 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 10 Tahun ($Q_{10\text{th}}$)	72
Tabel 4.10 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 20 Tahun ($Q_{20\text{th}}$)	73
Tabel 4.11 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 25 Tahun ($Q_{25\text{th}}$)	74
Tabel 4.12 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 50 Tahun ($Q_{50\text{th}}$)	75
Tabel 4.13 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun ($Q_{100\text{th}}$)	76
Tabel 4.14 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 1000 Tahun ($Q_{1000\text{th}}$)	77
Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir dengan Periode Ulang	78
Tabel 4.16 Perhitungan Elevasi Banjir di Lokasi penelitian	79

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
$\overline{\text{LogX}}$	= 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^2_{cr}	= 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

Banjir merupakan bencana alam yang sering kali terjadi di musim hujan yang merebak di berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia. Banjir adalah suatu kondisi dimana terjadi peningkatan debit air sungai sehingga meluap dan menggenangi daerah sekitarnya. Adapun jumlah kejadian banjir dalam musim hujan selama beberapa tahun terakhir ini terus meningkat, dan menyebabkan berbagai kerugian bagi masyarakat yang terkena bencana ini (Anonim, 2013).

Masalah banjir akan menarik perhatian setelah mempengaruhi kehidupan manusia dan menimbulkan kerugian bagi masyarakat di sekitar lingkungan sungai tersebut. Terjadinya banjir dapat dibedakan oleh beberapa macam, yaitu debit terlalu besar atau kapasitas pengaliran sungai berkurang. Di karenakan ada bendung di sungai bergegas oleh karena itu dalam hal ini perlu adanya elevasi muka air banjir untuk memperkirakan muka air banjir yang akan terjadi menggunakan metode hidrograf satuan sintesis (HSS) Nakayasu (Ligak, 2008).

Curah hujan, panjang sungai dan kemiringan sungai dan luas disuatu DAS (Daerah Aliran Sungai) merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir juga mempengaruhi stabilitas keamanan dan kelayakan hidup dari suatu populasi yang ada di wilayah-wilayah tersebut. Curah hujan yang cukup tinggi akhir-akhir ini merupakan penyebab utama terjadinya banjir.

Salah satu permasalahan banjir diakibatkan oleh faktor alam adalah curah hujan yang tinggi dan aliran air disungai yang secara hidrologis digambarkan sebagai hidrograf dengan puncak dan volume banjir. Curah hujan yang jatuh diatas DAS, kebanyakan menjadi limpasan langsung yang terdiri dari limpasan permukaan dan inter flow. Aliran semacam ini dapat menghasilkan puncak banjir yang tinggi. Kejadian debit maksimum atau banjir puncak hanya beberapa saat

tapi dapat menghancurkan tanggul atau tebing, menggenangi pemukiman dan persawahan, mengganggu aktifitas manusia dan lain-lain (C.D.Soemarto, 1995)

Sungai bingei di kota Binjai tiap tahun terjadi banjir. Dengan melihat masalah banjir yang sering terjadi di sungai bingei, maka diperlukan pengendalian terhadap debit banjir. Oleh karena itu terlebih dahulu perlu dilakukan analisis debit banjir.

Banjir di lokasi studi terjadi seiring dengan meningkatnya intensitas hujan. Banjir di DAS Sungai bingei di kota Binjai sering terjadi juga karena debit banjir yang lebih besar dari pada daya tampung sungai di Kota Binjai sendiri. Kondisi semacam ini akan terjadi lebih parah lagi apabila terjadi hujan yang terus menerus.

Kesimpulan yang diambil dari beberapa kasus diatas analisis debit rencana sangat penting sebagai langkah awal dalam upaya penanggulangan banjir, sehingga penelitian ini fokus pada analisis debit banjir.



GAMBAR 1.1 Sungai Bingei Kota Binjai

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan diatas, maka yang menjadi rumusan masalah adalah.

1. Berapa debit banjir sungai bingei rencana yang terjadi dengan kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dengan menggunakan metode HSS Nakayasu.
2. Bagaimana kondisi elevasi muka air banjir pada sungai bingei kota Binjai berdasarkan hasil perhitungan dengan metode HSS Nakayasu.

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian yaitu :

1. Untuk mengetahui debit banjir pada sungai bingei di Kota Binjai.
2. Untuk mengetahui muka air banjir pada sungai bingei di Kota Binjai.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk :

1. Dapat digunakan bagi pemko/ pemedi setempat sebagai acuan penanganan banjir di kecamatan binjai kelurahan satria jalan wolter mongonsidi.
2. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk tetap terarah pada tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka perlu disusun sebuah sistematika penulisan, dengan urutan sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini diperlukan adanya sistematika pembahasan, yang dimaksudkan agar tugas akhir ini tetap rapi dan terarah. Didalamnya terdapat 5 Bab yang berisi beberapa pembahasan. Isi Bab tersebut adalah sebagai berikut:

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan dasar teori tentang Daerah Aliran Sungai (DAS), Hujan dan Curah Hujan, dan Metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan lokasi penelitian serta menerangkan penelitian secara umum dari segi alur penelitian menggunakan metode hidrograf satuan sintesis (HSS) Nakayasu .

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang cara menganalisa perencanaan pengembangan dari segala aspek, baik dari segi curah hujan dan debit banjir maksimum di sungai bingei kota binjai.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini membahas mengenai hasil akhir penulisan tugas akhir berupa kesimpulan dan saran yang diperlukan.

BAB 2

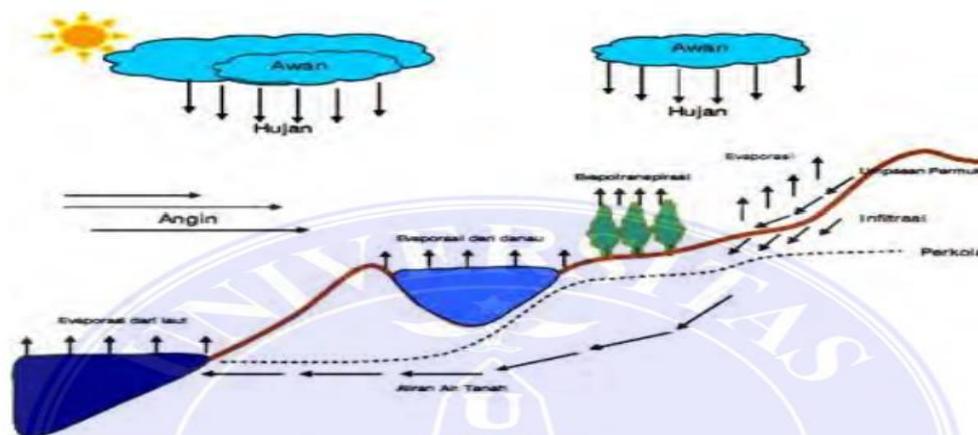
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidrologi

2.1.1 Siklus Hidrologi

Menurut CD Soemarto (1995), Hidrologi adalah ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini, yang meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, diatas dan dibawah permukaan tanah. Menurut Sri Harto (1990), secara umum, hidrologi dimaksudkan sebagai ilmu yang menyangkut masalah air.

Siklus hidrologi merupakan gerakan air laut ke udara, kemudian jatuh ke permukaan bumi lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi yang lain, dan akhirnya mengalir ke laut. Hal-hal penting yang perlu diketahui berkaitan dengan siklus hidrologi: (1). Dapat berupa siklus pendek, yaitu dari hujan → menuju laut/ danau/ sungai → kemudian menuju laut lagi; (2). Terjadinya tidak ada keseragaman waktu; (3). Intensitas dan frekuensinya bergantung pada geografi dan iklim (hal ini berkaitan dengan letak matahari yang berubah sepanjang tahun); dan (4). Berbagai bagian siklus sangat kompleks. Secara sederhana siklus hidrologi dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar.2. 1 Daur siklus hidrologi (Soemarto, 1987)

Sedangkan siklus hidrologi panjang dimulai dari air laut menguap → terjadilah awan → didesak oleh angin → terjadilah hujan (salju) → terjadilah limpasan yang sebagian terinfiltrasi → lalu mengalami perkolasi → kemudian kembali ke sungai (laut) lagi. Dengan demikian ada 4 proses dalam siklus hidrologi, yaitu (1). Presipitasi; (2). Evaporasi; (3). Infiltrasi; dan (4). Limpasan permukaan air tanah.

Dalam pembangunan sumberdaya air, estimasi volume air itu merupakan hal yang sangat penting karena merupakan dasar perencanaan dan pengoperasian system sumber daya air. Proyek sumber daya air sederhana meliputi: (1). Suplesi air, untuk irigasi, industri , air minum, dan lain-lain. Untuk pengendalian banjir, yang memerlukan disain parameter. Sedangkan untuk suplesi air dilakukan analisa debit andalan.

Para teknisi mempunyai kepentingan untuk (1) Mengatur aliran sungai; (2) Pembuatan waduk-waduk; dan (3) Pembuatan saluransaluran irigasi. Untuk keperluan tersebut diperlukan ilmu-ilmu yang menunjang antara lain Matemati, Ilmu Alam, Statistika, Meteorologi, Oceanografi, Geografi, Geologi, Geomorfologi, dan Hidrolika. Selain itu harus mempunyai pengalaman di bidang Kehutanan, Pertanian, Biologi, dan Botani (Limantara, 2010;1-3).

2.1.2 Analisis hidrologi

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya.

Analisis hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi daerah pengaliran drainase. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan bangunan air. Data untuk penentuan debit banjir rencana pada tugas akhir ini adalah data curah hujan, dimana curah

hujan merupakan salah satu dari beberapa data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana.

Analisis hidrologi secara umum dilakukan untuk mendapatkan data-data karakteristik hidrologi berupa data curah hujan rancangan, intensitas hujan jam-jaman dan debit banjir rancangan. Pada studi ini sebelum mendapatkan data curah hujan rancangan maka diperlukan analisis curah hujan rerata daerah dengan menggunakan metode nakayasu.

Dalam merencanakan suatu system bangunan pengendali banjir, diperlukan perkiraan besarnya debit banjir yang mungkin terjadi di lokasi pekerjaan. Karena periode pengamatan banjir di lokasi pekerjaan kurang memadai, maka perkiraan banjir dihitung berdasarkan data hujan. Adapun besarnya banjir yang terjadi di suatu wilayah sangat dipengaruhi oleh tinggi dan intensitas hujan wilayah, luas DAS, dan tata guna lahannya. Analisis data hujan dimaksudkan untuk menyiapkan data hujan terolah untuk tujuan analisis selanjutnya. Dalam studi ini analisis-analisis yang memerlukan data hujant erolah masing-masing adalah analisis curah hujan rancangan dan analisis debit banjir rancangan (Yunianta, 2016).

2.1.3 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.

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:

$$Q_s \geq Q_T \quad (2.1)$$

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

$$Q_s = A_s \cdot V \quad (2.2)$$

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:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.3)$$

$$R = A_s/P \quad (2.4)$$

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 2.1.

Tabel 2.1: 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 2.1: 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. 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:

$$Q = V \cdot A \quad (2.5)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{1/2} \quad (2.6)$$

$$\frac{Qn}{I^{1/2}} = A \cdot R^{1/3} \quad (2.7)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

A = Luas penampang basah (m²)

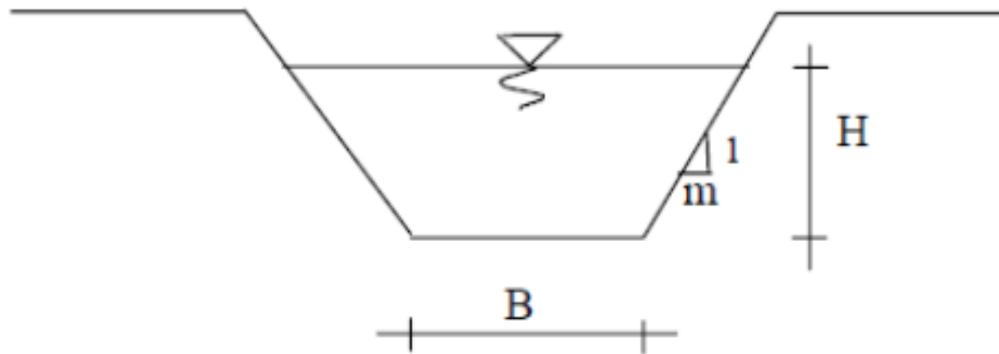
R = Jari -Jari hidrolis sungai (m)

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 2.2 Penampang melintang sungai

Rumus yang digunakan:

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

$$R = \frac{A}{P} \tag{2.7}$$

$$P = B + 2H \sqrt{1 + m} \tag{2.8}$$

$$A = H (B + m H) \tag{2.9}$$

$$Q = V \cdot A$$

Tabel 2.2: 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
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

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 2.3.

Tabel 2.3 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:

$$W = \sqrt{0,5 h} \quad (2.10)$$

Dimana:

W = Tinggi jagaan (m)

h = Tinggi muka air (m)

2.1.4 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan curah hujan rencana ini diperlukan untuk memperkirakan besarnya hujan harian daerah maksimum yang mungkin terjadi. Dalam perencanaan ini akan dihitung dengan menggunakan metode Analisis Frekuensi. Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang (return period) tertentu. Besaran ini merupakan besaran banjir (atau hujan/design rain fall) yang rata-rata akan disamai atau dilampaui sekali dalam T tahun. T (tahun) ini disebut sebagai kala ulang (return period) Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit.

Analisis frekuensi di dasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang (diandaikan bahwa sifat statistik tidak berubah/sama). Probabilitas kejadian suatu peristiwa ditentukan oleh perbandingan antara banyaknya kejadian terhadap jumlah kejadian yang mungkin dan kejadian yang tidak mungkin (berpeluang dan yang tidak berpeluang atau yang occurrence dan yang non occurrence).

Parameter- parameter statistik yang perlu diperkirakan untuk pemilihan distribusi yang sesuai dengan sebaran data adalah sebagai berikut ini.

1. Nilai Rata-rata, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ (2.11)

2. Standard Deviation, $s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$ (2.12)

$$3. \text{ Koefisien Variasi, } C_v = \frac{s}{x} \quad (2.13)$$

$$4. \text{ Koefisien Skewness, } C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.14)$$

$$5. \text{ Koefisien kurtosis, } C_k = \frac{n^2 \left(\sum_{i=1}^n x_i^3 \right) - 3n \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) + 2 \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^3}{n(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.15)$$

dengan :

x = variat,

\bar{x} = rerata,

S = simpangan baku,

C_s = koefisien asimetri,

C_v = koefisien variasi,

C_k = koefisien kurtosis, dan

n = jumlah data.

Untuk dapat memperoleh perkiraan debit maupun (hujan) rancangan, diperlukan jenis distribusi yang sesuai dengan sifatstatistik data. Pemilihan distribusi yang tidak benar dapat mengundang kesalahan yang cukup besar, baik ‘over estimated’ maupun ‘under estimated’. Beberapa jenis distribusi yang dilakukan dalam hidrologi yaitu; distribusi normal, distribusi log-normal, distribusi log-Pearson tipe III dan distribusi Gumbel (Sri Harto, 1993).

Analisis frekuensi data curah hujan rencana dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa distribusi probabilitas yang banyak digunakan dalam Hidrologi, yaitu :

- Distribusi Normal,
- Distribusi Log Normal
- Distribusi Gumbel Tipe I,
- Distribusi Log Pearson III.

1. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss. Umumnya rumus tersebut tidak digunakan secara langsung karena telah dibuat table untuk keperluan perhitungan, dan juga dapat didekati dengan:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{x}}{S} \quad (2.16)$$

$$X_T = \bar{x} + (K_T \times S) \quad (2.17)$$

Dimana:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi periodi ulang T Tahun

\bar{x} = nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar nilai varian

K_T = factor frekuensi (K_T), umumnya sudah teredia dalam table untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam table berikut, bias disebut sebagai table nilai variable reduksi Gauss.

Tabel 2.4: Nilai variabel reduksi gauss (Suripin, 2004)

No	Periode Ulang, T(Tahun)	Peluang	K_T	No	Periode Ulang, T(Tahun)	Peluang	K_T
1.	1,001	0,999	-3,05	11.	2,500	0,400	0,25
2.	1,005	0,995	-2,58	12.	3,330	0,300	0,52
3.	1,010	0,990	-2,33	13.	4,000	0,250	0,67
4.	1,050	0,950	-1,64	14.	5,000	0,200	0,84
5.	1,110	0,900	-1,28	15.	10,000	0,100	1,28
6.	1,250	0,800	-0,84	16.	20,000	0,050	1,64
7.	1,330	0,750	-0,67	17.	50,000	0,020	2,05
8.	1,430	0,700	-0,52	18.	100,000	0,010	2,33
9.	1,670	0,600	-0,25	19.	200,000	0,005	2,58
10.	2,000	0,500	0	20.	500,000	0,002	2,88

2. Distribusi Log Normal

Jika Variabel acak $Y = \log X$ terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Untuk distribusi Log Normal dapat didekati dengan persamaan:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T \times S \quad (2.18)$$

$$K_T = \frac{Y_T - \bar{Y}}{S} \quad (2.19)$$

Dimana:

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun

\bar{Y} = nilai rata-rata hitung variat

S = deviasi standar nilai variat

K_T = factor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang.

3. Distribusi Log Person III

Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan Person yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log-Person III. Ada tiga parameter penting dalam Log-Person III, yaitu:

1. Harga rata-rata
2. Simpang baku
3. Koefisien kemencangan.

Jika koefisien kemencangan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal. Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person Type III, yaitu:

- Ubah data kedalam bentuk logaritmis, $X = \log X$

- Hitung harga rata-rata:

$$\text{Log } X = \sum_{i=1}^n \log X \quad (2.20)$$

- Hitung harga simpang baku:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (2.21)$$

- Hitung koefisien kemencangan:

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(N-1)(N-2)S^3} \quad (2.22)$$

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

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K \times S \quad (2.23)$$

Tabel 2.5: Nilai K untuk distribusi Log-Person III

Interval Kejadian (<i>Recurrence Interval</i>), Tahun (Periode Ulang)								
	10101	15000	2	5	10	25	50	100
Koef G	Persentase Peluang Terlampaui (Percent Chance of Being Exceeded)							
	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	3.144	4.973
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	4.889
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.256	4.800
2.2	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	3.240	4.705
2.0	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.192	3.605
1.8	-0.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-0.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-0.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.076	3.271
1.2	-0.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.0	-0.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.8	-0.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	2.993	2.453	3.819
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	1.715	2.051	2.326

4. Distribusi Gumbel

Gumbel merupakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret hargaharga eksrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

K untuk harga-harga ekstrim Gumbal dapat dinyatakan, dalam persamaan, sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_{TR} - Y_N}{S_N} \quad (2.24)$$

$$X_T = \bar{X} + K(S) \quad (2.25)$$

Dimana:

Y = *reduced mean* yang tergantung jumlah sampel data ke-n

S_n = *reduced standard deviation*, yang juga tergantung pada jumlah sampel/data

S = deviasi standar nilai variant

Tabel 2.6: Reduced Mean, Y_n (Suripin, 2004)

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.49	0.49	0.50	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.52	0.52
20	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
30	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
40	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
50	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
60	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
70	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
80	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
90	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
100	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56

Tabel 2.7: Reduced Standard Deviation, S_n (Suripin, 2004)

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.94	0.96	0.99	0.99	1.00	1.02	0.51	0.51	0.52	0.52
20	1.06	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	0.53	0.53	0.53	0.53
30	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	0.54	0.54	0.54	0.54
40	1.14	1.14	1.14	1.14	1.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
50	1.10	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17
60	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18
70	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19
80	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20

Tabel 2.7: *Lanjutan*

S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
90	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
100	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

Tabel 2.8: Reduksi Variat (YTR) sebagai fungsi Periode Ulang Gumbel (Suripin, 2004)

Periode Ulang, TR	Reduced Variate, Y_{TR}	Periode Ulang, TR	Reduced Variate, Y_{TR}
2	0.336	100	4.601
5	1.5004	200	5.2969
10	2.251	250	5.5206
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.3117	10000	9,2121

2.1.5 Cara Pengujian Distriusi

Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan tertentu atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Dalam analisis curah hujan rancangan dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti Normal, Log Normal, Pearson, Log Pearson Tipe III, dan Gumbel. Dimana syarat-syarat untuk metode tersebut terlihat pada Tabel 2.1 Uji distribusi probabilitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah persamaan distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data analisis. Pengujian distribusi probabilitas dapat dilakukan dengan metode Metode Chi - Kuadrat (x^2).

Tabel 2.9: Tabel Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

NO	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	$C_s \approx 0$
		$C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s (\ln X) \approx 0$
		$C_k (\ln X) \approx 3$
3	Pearson	$C_s > 0$
		$C_k = 1,5 C_s^2 + 3$
4	Log Pearson Type III	$C_s (\ln X) > 0$
		$C_k (\ln X) = 1,25 (C_s (\ln X))^2 + 3$
5	Gumbel	$C_s \approx 1,14$
		$C_k \approx 5,40$

Sumber : Hadidhy, 2010

Untuk memperoleh angka-angka kemungkinan besaran debit banjir pada banjir yang diakibatkan oleh luapan sungai, analisis dilakukan dengan menggunakan data banjir terbesar tahunan atau curah hujan terbesar tahunan yang sudah terjadi. HSS merupakan metode yang tepat untuk menghitung debit banjir karena dari perhitungan HSS akan menghasilkan nilai debit tiap jam dan pada saat hujan mulai turun, 4 waktu puncak banjir hingga akhir banjir, dibanding dengan metode Empiris. Dalam hal ini penulis menggunakan metode HSS Nakayasu.

2.1.6 Hujan dan Curah hujan

Definisi Hujan adalah hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari alam yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer sehingga mendingin dan

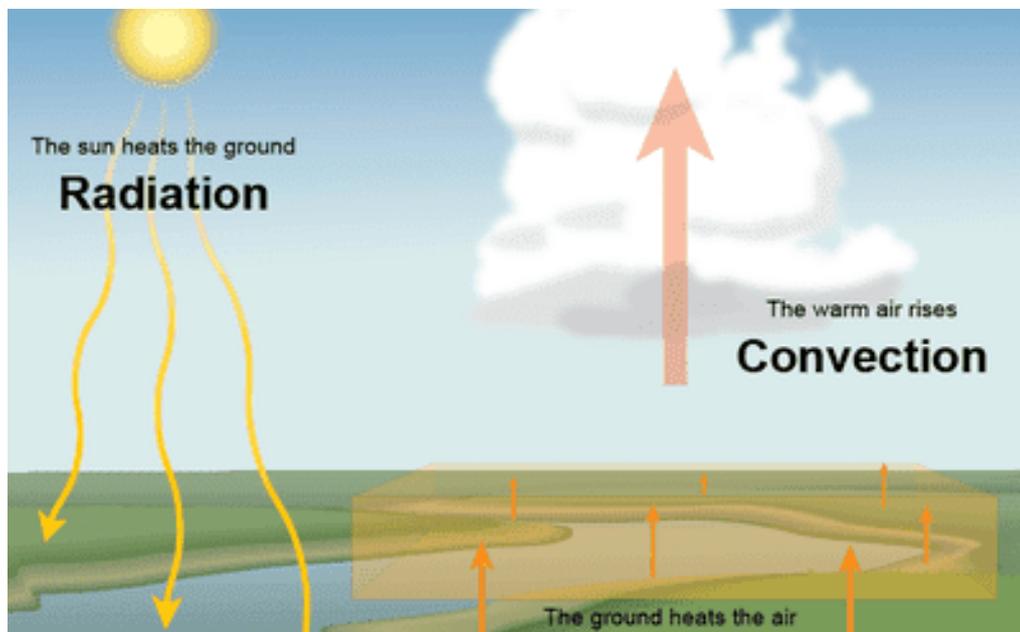
terjadi kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal-kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan (Bambang Triatmojo, 1998)

Hujan merupakan parameter sekaligus fenomena cuaca. Sebagai parameter hujan dapat diukur kuantitasnya dan sebagai fenomena, hujan terlihat secara visual, seperti juga kabut, asap dan lainnya. Adapun suhu udara, kelembapan dan radiasi matahari disebut sebagai parameter cuaca karena hanya bisa diukur kuantitas tanpa bisa terlihat secara visual. Di wilayah dengan ciri iklim tropis seperti Indonesia di mana suhunya selalu hangat sepanjang tahun presipitasi lebih dikenal sebagai hujan. Karena hal ini sangat jarang terjadi presipitasi yang sampai ke permukaan tanah dalam bentuk jatuhnya keping es.

Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi, yaitu jatuhnya hydrometeor yang sampai ke bumi dalam bentuk cair (Bentuk presipitasi lainnya ialah salju dan es yang fasanya padat). Tjasyono (1992), membagi tipe hujan menjadi 3 tipe hujan yaitu hujan konvektif, hujan orografis dan hujan frontal atau siklonis.

a). Hujan konvektif

Hujan ini merupakan hujan yang paling umum yang terjadi di daerah dengan ciri iklim tropis.

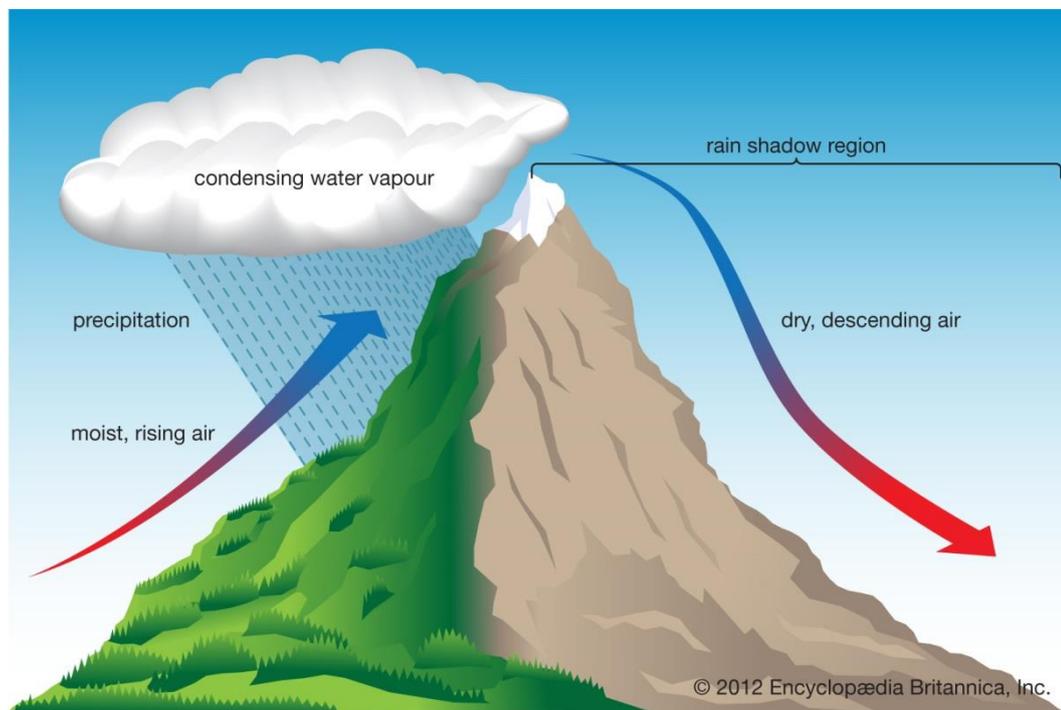


Gambar 2.3 Proses terbentuknya hujan konvektif

Panas menyebabkan udara naik ke atas kemudian mengembang dan secara dinamika menjadi dingin kemudian berkondensasi yang selanjutnya akan jatuh sebagai hujan. Proses ini khas untuk terjadinya badai guntur yang terjadi di siang hari yang menghasilkan hujan lebat pada daerah yang sempit. Badai guntur lebih sering terjadi di lautan dari pada di daratan.

b) Hujan orografis

Hujan ini terjadi karena adanya penghalang topografi, udara dipaksa naik kemudian mengembang dan mendingin terus mengembun, selanjutnya dapat jatuh sebagai hujan.



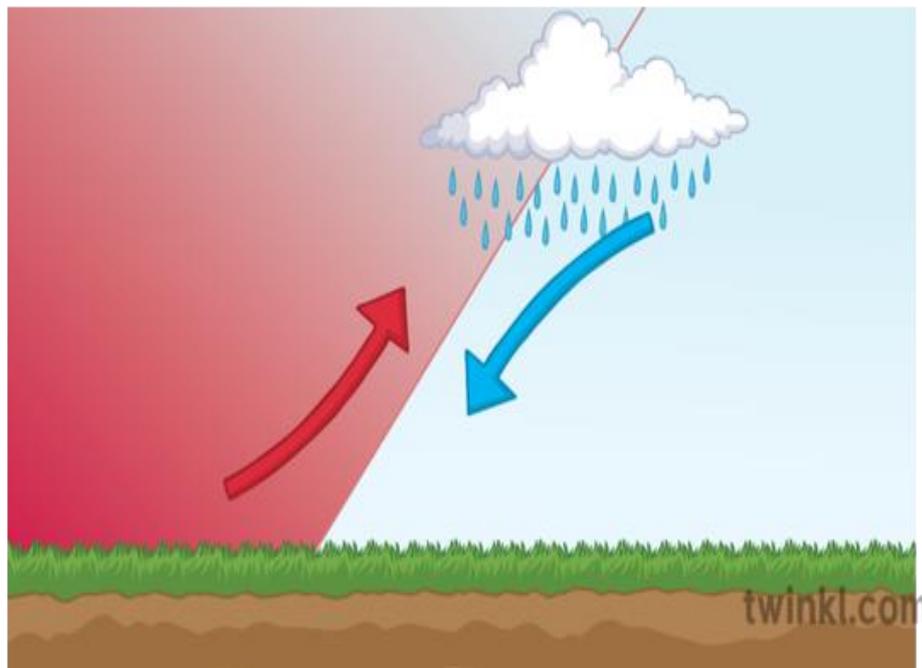
Gambar 2.4 Proses terbentuknya hujan orografis

hujan yang terjadi di daerah pegunungan. Naiknya udara yang mengandung uap air ini ke atas akan menyebabkan terjadinya penurunan suhu di atas gunung dan kemudian terkondensasi hingga pada akhirnya menyebabkan terjadinya hujan. Tahapan terjadinya hujan orografis ini terjadi secara runtut dan teratur membentuk sebuah kronologi.

Bagian lereng yang menghadap angin hujannya akan lebih lebat dari pada bagian lereng yang ada dibelakangnya. Curah hujannya berbeda menurut ketinggian, biasanya curah hujan makin besar pada tempat-tempat yang lebih tinggi sampai suatu ketinggian tertentu.

b) Hujan frontal dan siklonis

Hujan frontal terjadi karena ada front panas, awan yang terbentuk biasanya tipe stratus dan biasanya terjadi hujan rintik-rintik dengan intensitas kecil.



Gambar 2.5 Terbentuknya hujan karena pertemuan massa udara panas dan dingin

Sedangkan pada front dingin awan yang terjadi ialah biasanya tipe cumulus dan cumulonimbus dimana hujannya lebat dan cuaca yang timbul sangat buruk. Hujan front ini tidak terjadi di Indonesia karena di Indonesia tidak terbentuk front udara panas dan dingin. Adapun Siklon tropis hanya dapat tumbuh di daerah tropis antara $\geq 10^\circ$ lintang utara dan selatan dan tidak berkaitan dengan front, karena siklon ini berkaitan dengan sistem tekanan rendah. Siklon tropis dapat timbul di lautan yang panas, karena energi utamanya diambil dari panas laten yang terkandung dari uap air. Siklon tropis akan mengakibatkan cuaca yang buruk dan hujan yang lebat pada daerah yang dilaluinya.

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar, tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman (Stasiun Klimatologi Darmaga Bogor, 2012).

Pada dasarnya yang disebut curah hujan adalah volume air hujan dibagi luas alasnya. Jika dirumuskan sebagai berikut:

$$h = V/A \quad (2.26)$$

di mana:

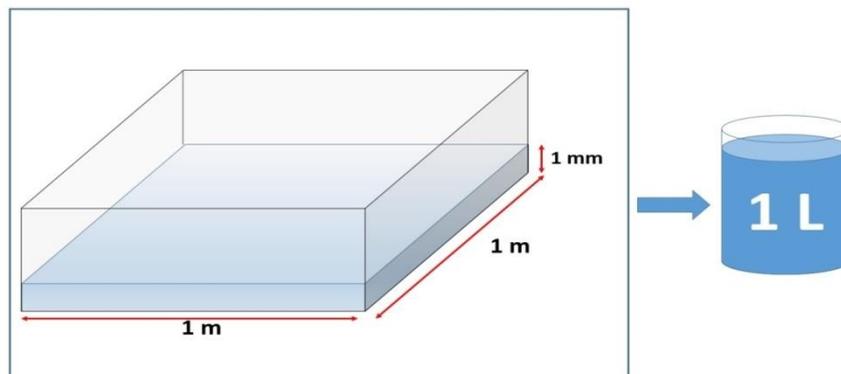
h = tinggi air hujan (mm)

V = volume air hujan (mm^3)

A = luas alas penampung (mm^2)

Karena merupakan perbandingan volume dan luas alas maka berapapun luasnya, jika pada hujan yang sama, tinggi air hujan (curah hujan) akan selalu sama yang berbeda adalah volume air hujannya.

Curah hujan menyatakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter berarti bahwa pada luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.



Gambar 2.6 Ilustrasi 1 milimeter curah hujan

Perhitungannya sebagai berikut :

= tinggi hujan **1 mm** x luasan alas dengan panjang **1 m** x lebar **1 m**

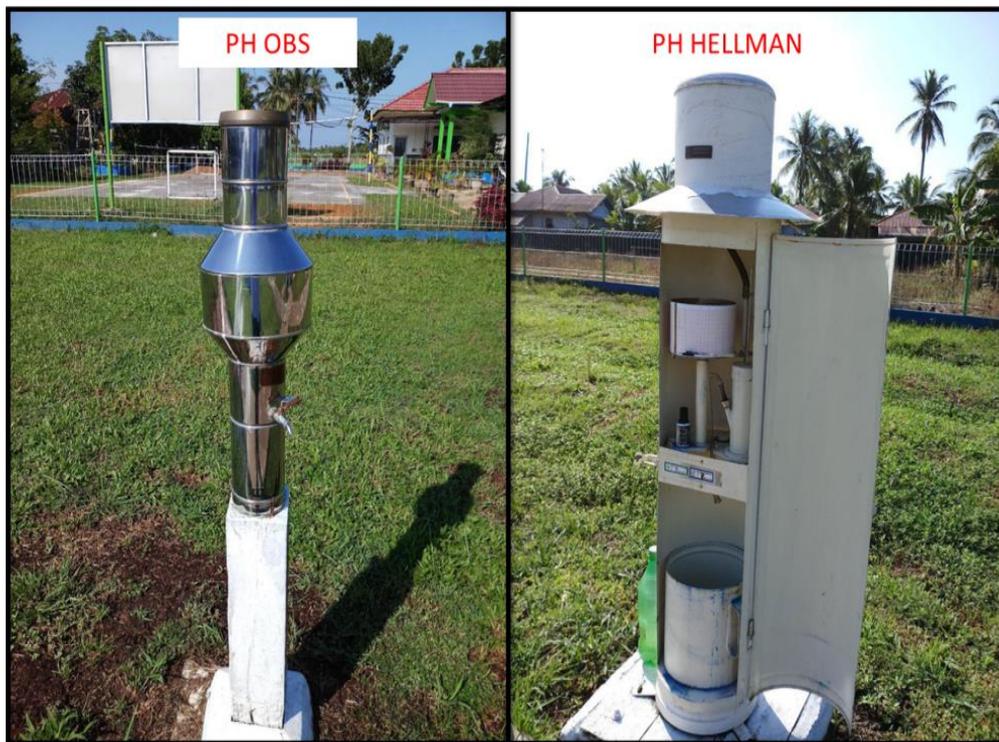
= $0,001 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2$

= $0,001 \text{ m}^3$

= 1 liter

Yang berbeda adalah VOLUME hujan tersebut, Jadi jika hujan 1 mm tersebut jatuh pada luasan 2 m^2 maka volume air hujan adalah 2 liter, dan seterusnya.

Curah hujan diukur menggunakan penakar hujan yang disebut ombrometer atau juga penakar hujan observatorium. Alat ukur hujan jenis ini merupakan alat ukur cuaca manual.



Gambar 2.7 Alat ukur hujan ombrometer dan jenis Hellman

Selain alat ukur hujan manual tersebut terdapat alat ukur hujan otomatis seperti jenis Hellman dan juga alat ukur hujan digital seperti Automatic Rain Gauge. Curah hujan diukur setiap pukul 07 pagi hari waktu setempat, dan hasilnya dicatat sesuai tanggal saat pengamatan dilakukakan.

2.1.7 Intensitas Curah Hujan

Perhitungan debit banjir dengan metode rasional memerlukan data intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada nakakurun 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:

$$I = \frac{R24}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (2.27)$$

Dimana:

R = Curah hujan rancangan setempat (mm)

t = Lamanya curah hujan (jam)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

2.1.8 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:

$$\bar{R} = \frac{((A1 \times R1)+(A2 \times R2)+(A3 \times R3))}{A \text{ total}} \quad (2.28)$$

Dimana:

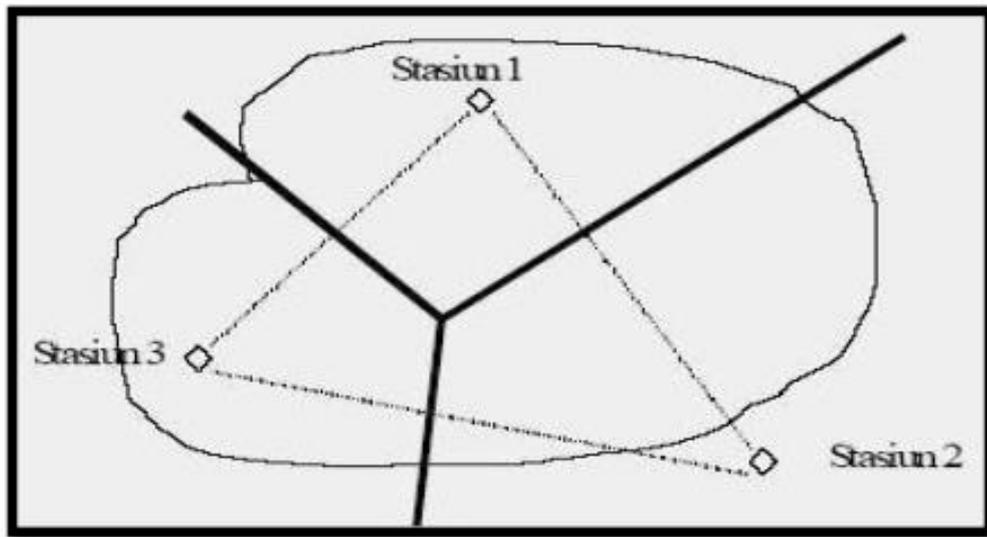
\bar{R} = Rata-rata curah hujan

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 2.8 Poligon Thiessen.

2.1.9 Metode HSS Nakayasu

Dalam kaitannya dengan studi tentang sumberdaya air, hidrologi mempunyai peranan yang sangat penting. Salah satu faktor yang berperan adalah data hidrologi, kita dapat mengetahui besarnya debit rencana sebagai dasar perencanaan bangunan air. Adapun aspek hidrologi yang perlu dikaji pertamanya adalah curah hujan daerah rata-rata harian maksimum.

Metode Nakayasu adalah metode yang dikembangkan oleh Nakayasu dari Jepang. Rumus hidrograf sintesis dibuat dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan hidrograf satuan pada beberapa sungai dari Jepang.

Parameter yang diperlukan dalam analisis menggunakan metoda Nakayasu antara lain :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (Time to Peak Magnitude).
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (Time to Lag).
3. Tenggang waktu hidrograf (Time Base of Hydrograph).
4. Luas daerah pengaliran (Catchment Area).
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (Length of The Longest Channel).
6. Koefisien pengaliran (Run off Coefficient).

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah :

$$Q_P = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_P + T_{0,3})} \quad (2.29)$$

dengan :

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

R_o = 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

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

C = Koefisien pengaliran

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

$T_p = t_g + 0,8 t_r$

$T_{0,3} = a t_g$

$t_r = 0,5 t_g$ sampai t_g

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

– Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km : $t_g = 0,21 L^{0,7}$

dimana :

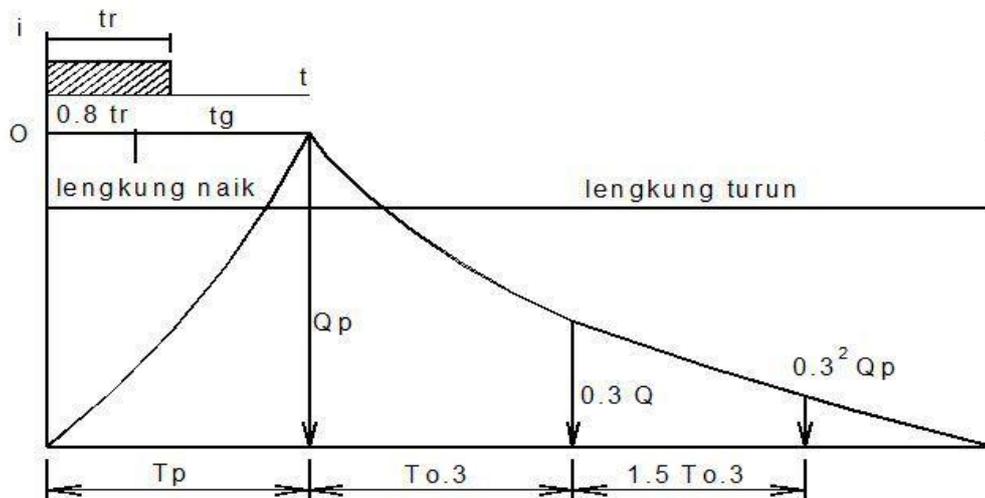
t_r = Satuan Waktu hujan (jam)

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 2.9 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Hidrograf Satuan – Metode Nakayasu

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

$$Q_p = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} Q_p \quad (2.30)$$

Dimana :

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

t = Waktu (jam)

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

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

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (2.31)$$

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

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5 T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}} \quad (2.32)$$

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

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5 T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}} \quad (2.33)$$

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. Hidrograf banjir dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_k = \sum_{i=1}^n U_i - P_{n-(i-1)} \quad (2.34)$$

dimana :

Q_k = Debit Banjir pada jam ke – k

U_i = Ordinat hidrograf satuan ($i = 1, 2, 3 \dots n$)

P_n = Hujan netto dalam waktu yang berurutan ($n = 1, 2, \dots n$)

B_f = Aliran dasar (*base flow*)

(sumber : <https://www.belajarsipil.com/2014/03/16/hidograf-satuan-metode-nakayasu/>)

2.1.10 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:

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 + C_3 \times A_3 + \dots + C_n \times A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (2.35)$$

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 table berikut :

Tabel 2.10 Koefisien Pengaliran (C) (Direktorat Jenderal Bina Marga)

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 - Tanah Berbutir Kasar - Batuan Masif Keras - Batuan Masif Lunak	0,40-0,65 0,10-0,20 0,70-0,85 0,60-0,75
4. Daerah Perkotaan	0,70-0,95
5. Daerah Pinggiran Kota	0,60-0,70
6. Daerah Industri	0,60-0,90
7. Permukiman Padat	0,60-0,80
8. Permukiman 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

2.1.10 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.

Table 2.11 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	$Ck = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$	

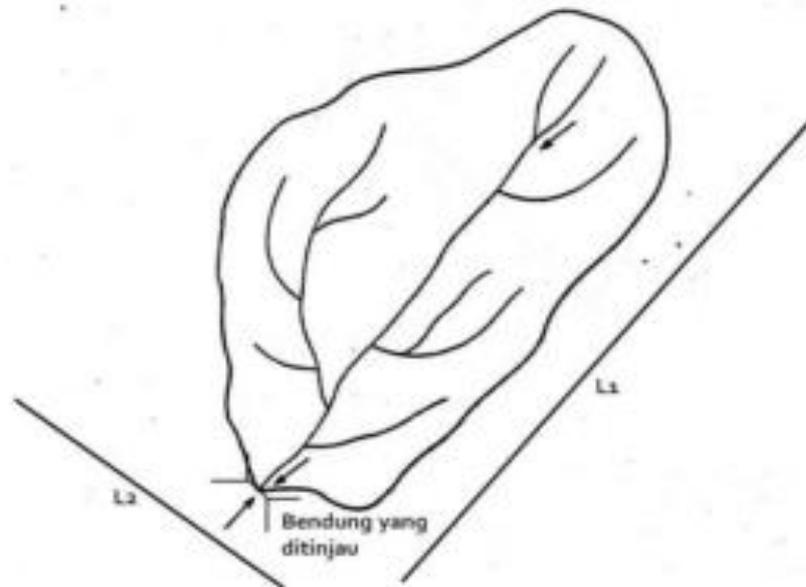
Dimana :

xi = nilai kejadian/variabel ke-i

n = jumlah kejadian variable

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai pada suatu titik/ stasiun tertentu (Triatmojo, 2008). DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi garis-garis kontur. Data hujan dapat diambil melalui rekaman data dari stasiun curah hujan yang ada di sekitar sungai atau DAS yang dikaji.



Gambar 2.10 Luas Das (Supriyaningsih, 2012)

Daerah aliran sungai (DAS) menurut definisi adalah suatu daerah yang dibatasi (dikelilingi) oleh garis ketinggian di mana setiap air yang jatuh di permukaan tanah akan dialirkan melalui satu outlet. Komponen yang adadi dalam sistem DAS secara umum dapat dibedakan dalam 3 kelompok, yaitu komponen masukan yaitu curah hujan, komponen output yaitu debit aliran dan polusi / sedimen, dan komponen proses yaitu manusia, vegetasi, tanah, iklim dan topografi. Setiap komponen dalam suatu DAS harus dikelola sehingga dapat mencapai tujuan yang kita inginkan. Tujuan dari pengelolaan DAS adalah melakukan pengelolaan sumber daya alam secara rasional supaya dapat dimanfaatkan secara maksimum dan berkelanjutan dan berkelanjutan sehingga dapat diperoleh kondisi tata air yang baik. Sedangkan pembangunan berkelanjutan adalah pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam bagi kepentingan manusia pada saat sekarang ini dengan masih menjamin kelangsungan pemanfaatan sumber daya alam untuk generasi yang akan datang (Ratna, 2014).

Peraturan Pemerintah nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan Daerah aliran sungai (DAS), menyatakan bahwa Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak

sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. DAS bukan hanya merupakan badan sungai, tetapi satu kesatuan seluruh ekosistem yang ada didalam pemisah topografis. Pemisah topografis didarat berupa daerah yang paling tinggi biasanya punggung bukit yang merupakan batas antara satu DAS dengan DAS lainnya.

DAS merupakan suatu megasistem yang kompleks, meliputi sistem fisik (physical systems), sistem biologis (biological systems), dan sistem manusia (human system). Setiap sistem dan sub-sub sistem di dalamnya saling berinteraksi, peranan tiap-tiap komponen dan hubungan antar komponen sangat menentukan kualitas ekosistem DAS. Gangguan terhadap salah satu komponen ekosistem akan dirasakan oleh komponen lainnya dengan sifat dampak berantai. Keseimbangan ekosistem akan terjamin apabila kondisi timbal balik antar komponen berjalan dengan baik dan optimal (Kartodihardjo, 2008 dalam Setyowati dan Suharini, 2011).

Apabila fungsi dari suatu DAS terganggu, maka sistem hidrologi akan terganggu, penangkapan curah hujan, resapan dan penyimpanan airnya sangat berkurang, atau memiliki aliran permukaan (run off) yang tinggi. Vegetasi penutup dan tipe penggunaan lahan akan kuat mempengaruhi aliran sungai, sehingga adanya perubahan penggunaan lahan akan berdampak pada aliran sungai. Fluktuasi debit sungai yang sangat berbeda antara musim hujan dan kemarau, menandakan fungsi DAS yang tidak bekerja dengan baik. Indikator kerusakan DAS dapat ditandai oleh perubahan perilaku hidrologi, seperti tingginya frekuensi kejadian banjir (puncak aliran) dan meningkatnya proses erosi dan sedimentasi serta menurunnya kualitas air (Mawardi, 2010).

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

1. Daerah aliran sungai berdasarkan daya tampungnya:

- 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.

- 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.

2. Daerah aliran sungai berdasarkan bentuknya, yaitu:

- 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 dari pada bentuk lainnya.
- 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.
- 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.

2.2.1 Sungai

Sungai merupakan bagian permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari pada permukaan tanah di sekitarnya dan menjadi media alir air menuju laut. 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 (Soewarno, 2000).

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.

Adapun beberapa macam - macam sungai sebagai berikut:

a. Berdasarkan sumber air:

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

b. Berdasarkan debit air (Syarifuddin, 2000):

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

c. Berdasarkan asal kejadian:

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

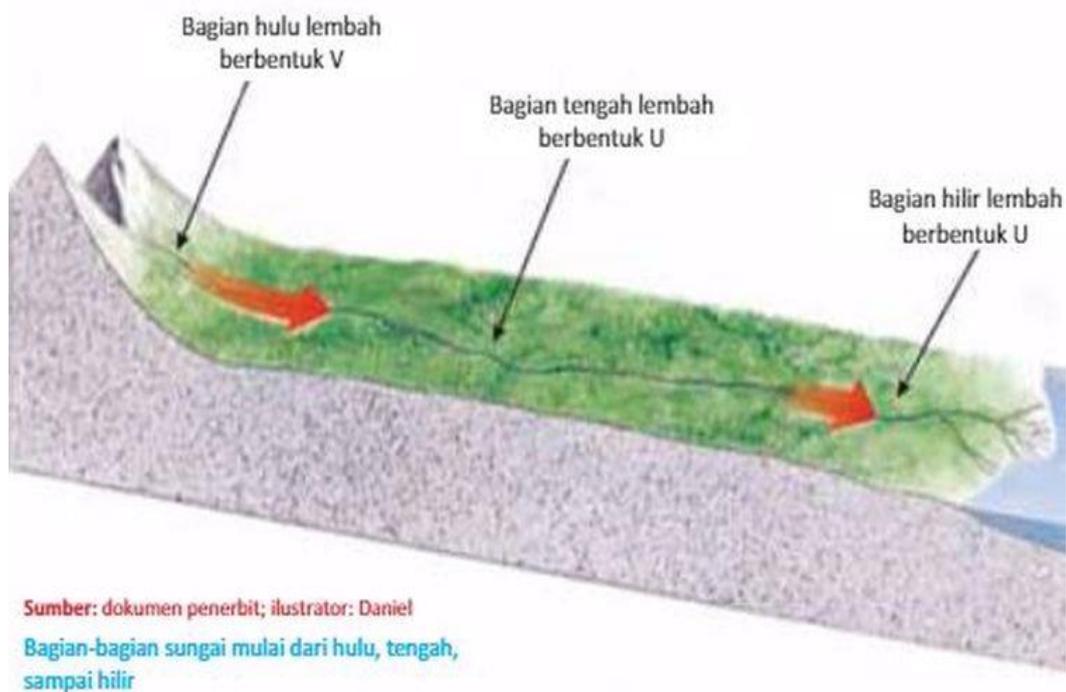
d. Berdasarkan struktur geologi:

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

e. Berdasarkan pola alirannya:

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

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



Gambar 2.11 bagian – bagian sungai

- **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.

- **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.

- **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.

Sungai sangat penting keberadaannya dalam kehidupan sehari - hari, 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 pendukungpendukungnya. 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.

2.2.2 Banjir

Banjir di defenisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi (Rahayu dkk, 2009). Banjir adalah ancaman musiman yang terjadi apabila meluapnya tubuh air dari saluran yang ada dan menggenangi wilaah sekitarnya. Banjir adalah ancaman alam yang paling sering

terjadi dan paling banyak merugikan, baik dari segi kemanusiaan maupun ekonomi (IDEP,2007).

Banjir merupakan peristiwa dimana daratan yang biasanya kering (bukan daerah rawa) menjadi tergenang oleh air, hal ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi wilayah berupa dataran rendah hingga cekung. Selain itu terjadinya banjir juga dapat disebabkan oleh limpasan air permukaan (runoff) yang meluap dan volumenya melebihi kapasitas pengaliran sistem drainase atau sistem aliran sungai. Terjadinya bencana banjir juga disebabkan oleh rendahnya kemampuan infiltrasi tanah, sehingga menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Banjir dapat terjadi akibat naiknya permukaan air lantaran curah hujan yang diatas normal, perubahan suhu, tanggul/bendungan yang bobol, pencairan salju yang cepat, terhambatnya aliran air di tempat lain (Ligak, 2008).

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 - penyebab banjir yang harus kita 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. 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.

g. 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.

h. 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.

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.

2.2.3 Kajian Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir merupakan hal yang kompleks, sehingga hal tersebut harus dilakukan secara tuntas dan menyeluruh agar dapat terselesaikan dengan metode yang tepat. Sebagaimana dalam UU No.7 tahun 2004 tentang pengelolaan sumber daya air dengan prinsip “*one river, one plan, one management*” yang berarti bahwa penyelesaian dan pengendalian masalah banjir harus dilakukan dalam satu sistem yang utuh dari hulu ke hilir. Berkaitan dengan sistem sungai (*river system*) yang terdiri dari 3 sub systems yaitu, *collecting subsystem*, *transporting subsystem*, dan *dispersing subsystem*, maka pola perencanaan, pelaksanaan, operasi, sampai dengan pemeliharaannya harus dilakukan dalam satu

kesatuan yang utuh (Habib, dkk., 2013). Banjir rob merupakan dampak yang disebabkan oleh gelombang pasang naik air laut yang disertai pula dengan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global, sehingga air tersebut masuk melalui saluran drainase dan sungai dan meluap sehingga menggenangi daratan dengan elevasi yang rendah.

Kenaikan muka air laut merupakan salah satu dampak dari pemanasan global yang disebabkan oleh efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah terperangkapnya panas matahari oleh sejumlah gas-gas tertentu dalam jumlah kecil di atmosfer bumi, sehingga bumi menjadi hangat dan dapat dihuni kehidupan karena efek rumah kaca alami ini memberikan iklim dimana tumbuhan, hewan, dan manusia dapat hidup. Seiring dengan revolusi industri yang dimulai sejak pertengahan abad ke-18 dimana terjadi perubahan dimana hal-hal yang biasanya dikerjakan dengan menggunakan tenaga manusia dan hewan menjadi menggunakan tenaga mesin, mengakibatkan jumlah gas rumah kaca dalam atmosfer meningkat secara berangsur-angsur karena kegiatan manusia. Seiring pula dengan kenaikan jumlah gas rumah kaca dalam atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi, dimana hal tersebut menyebabkan peningkatan curah hujan dikarenakan penguapan yang lebih besar, dan kenaikan muka air laut dikarenakan pemuain air laut dan mencairnya gunung-gunung es di kutub sehingga terjadi kemunduran garis pantai yang menimbulkan genangan di daerah dataran rendah.

Pengalihan tata guna lahan dari sawah, tambak, tanah rawa, hutan, perkebunan menjadi lahan berpenutup permanen seperti perumahan, kawasan industri, jalan dan lain sebagainya sebagaimana yang terjadi di daerah pantai utara Kota Semarang. Perubahan tata guna lahan tersebut disertai dengan cuaca ekstrim yang terjadi dalam siklus hidrologi yang menyebabkan tidak meratanya distribusi hujan sepanjang tahun yang cenderung akan berakumulasi pada waktu-waktu tertentu dalam waktu yang singkat, sehingga menyebabkan peningkatan luar biasa volume aliran air permukaan dan kecepatan aliran air permukaan meningkat secara tajam. Oleh karena itu daya kikis dan daya angkut dari aliran air permukaan tersebut meningkat luar biasa terhadap lapisan permukaan tanah, sehingga laju erosi pun menjadi besar dan menyebabkan masalah sedimentasi. Sedimentasi tersebut menyebabkan terjadinya penyempitan bantaran sungai dan

juga pendangkalan dasar sungai, sehingga mengurangi kapasitas atau daya tampung sungai.

Sedimen yang berasal dari proses erosi di Daerah Aliran Sungai (*catchment area*) yang dalam sistem sungai dikenal sebagai sub sistem pengumpul atau penangkap air, sedimen akan terangkut oleh debit pengaliran sungai dimana sebagian akan mengendap disepanjang palung sungai dan sebagian (besar) lagi akan terbawa aliran menuju muara sungai dan masuk ke laut. Sedangkan pada waktu yang relatif bersamaan dari arah laut terjadi gelombang yang dihembuskan oleh kecepatan angin yang datang dari arah laut menuju ke pantai (*up-coast*), sehingga mendorong dan mengangkut kembali sedimen dan sedimen laut bergerak menuju ke arah pantai, lalu menyebar dan mengendap di sepanjang pantai (*longshore*) dan terbawa ke laut lepas (*offshore*) serta sebagian lagi masuk ke mulut muara sungai (*inshore*) dan menutup alur sungai pada bagian mulut muara sungai. Hal semacam ini dapat disebut dengan *down-coast* (Sylvester, 1974 dalam Habib, dkk., 2013).

Rob merupakan fenomena gelombang air laut pasang naik, akibat dari pengaruh gaya tarik antara matahari dan bulan serta bumi terhadap masa air di bumi pada arah radial bumi, dengan muka air yang lebih tinggi akan mendorong muka air saluran drainase dan sungai masuk ke arah hulu (sampai pada elevasi daratan yang sama dengan elevasi muka air rob), dengan kekuatan gelombang yang dihasilkan dari energi potensial dan energi kinetik. Banjir rob terjadi karena menyusupnya rob masuk melalui saluran drainase dan sungai sehingga meluap ke areal yang berelevasi lebih rendah dari tinggi elevasi muka air rob (Hardhono, 2016). Dimana hal tersebut diperburuk dengan faktor-faktor alam lainnya seperti kenaikan muka air laut akibat pemanasan global serta penyempitan bantaran sungai akibat sedimentasi.

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.

2.2.4 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 (m^3/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:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.36)$$

$$Q = A \times V \quad (2.37)$$

Dimana :

Q = Debit air ($m^3/detik$)

A = Luas Penampang (m^2)

V = Kecepatan Aliran ($m/detik$)

R = Jari-jari hidrolik

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).

2.2.5 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 dibandingkan 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 hutan 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).

2.2.6 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.

2.3 Bendung

Menurut Standar Tata Cara Perencanaan Bendung, yang diartikan dengan bendung adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan elevasi muka air untuk mendapatkan tinggi

terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkan.

Bendung sebagai pengatur muka air dapat dibedakan menjadi bendung pelimpah dan bendung gerak. Untuk Bendung Kamijoro sendiri adalah jenis bendung pelimpah. Bendung pelimpah yang dibangun melintang di sungai, akan memberikan tinggi air minimum kepada bangunan intake untuk keperluan irigasi. Selain itu bendung pelimpah dapat berfungsi sebagai penghalang selama terjadi banjir dan dapat menyebabkan genangan di udik bendung. Ada dua cara untuk mengklasifikasikan bendung, yaitu klasifikasi bendung berdasarkan fungsinya dan klasifikasi bendung berdasarkan konstruksinya.

Klasifikasi Bendung Berdasarkan fungsinya bendung dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Bendung Pengendali Banjir

Bendung jenis ini dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai, sehingga terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitasnya. Bendung ini dilengkapi dengan pintu air, sehingga debit air yang akan dialirkan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

b. Bendung Penyadap

Tipe bendung ini digunakan untuk mengatur muka air guna memudahkan penyadapan air untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi, keperluan air minum perkotaan, dan pembangkit listrik tenaga air. Biasanya bendung bertipe penyadap adalah bendung tetap yang dibangun khusus untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga dapat mengalirkan air melalui intake yang telah dibangun. Dari intake tersebut air dapat dibagi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

c. Bendung Penahan Pasang

Bendung ini dibangun di bagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut. Bendung penahan pasang dibangun untuk mencegah masuknya air asin. Oleh sebab itu dijamin aliran air sungai senantiasa dalam keadaan normal.

Bendung adalah suatu bangunan yang biasanya dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton yang terletak melintang pada sebuah sungai yang dibuat untuk meninggikan taraf muka air atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan ke saluran melalui bangunan pengambilan (*intake*).

Tentu saja bangunan ini dapat digunakan untuk kepentingan selain irigasi, seperti untuk air minum atau pembangkit listrik. Menurut macamnya bendung dibagi menjadi dua yaitu bendung tetap dan bendung gerak.

Bendung tetap adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya tidak dapat diubah, sehingga muka air di hulu bendung tidak dapat diatur sesuai yang dikendaki atau elevasi muka air di hulu bendung berubah sesuai dengan debit air sungai yang melimpas. Bendung tetap biasanya dibangun pada daerah tengah dan hulu sungai.

Bendung gerak adalah bendung yang terdiri dari ambang yang dapat bergerak (pintu sorong, radial dan tipe lainnya), sehingga dapat mengatur elevasi muka air banjir sesuai dengan yang dikehendaki. Bendung ini biasa digunakan di sungai-sungai pada bagian hilir sungai atau muara.

Konstruksi bendung memiliki bagian-bagian tertentu yang memiliki fungsi yang berbeda beda. Bagian-bagian inilah yang akan bekerja agar operasional bendung bekerja dengan baik. Bagian-bagian dari konstruksi bendung secara umum yaitu:

- a. Tubuh bendung, merupakan struktur utama yang berfungsi untuk membendung laju aliran sungai dan menaikkan tinggi muka air sungai dari elevasi awal.
- b. Pintu air, berfungsi untuk mengatur membuka dan menutup aliran air di saluran.
- c. Pintu pengambilan (intake) berfungsi untuk mengatur banyaknya air yang masuk ke saluran dan mencegah masuknya benda-benda padat dan kasar ke dalam saluran.
- d. Kolam peredam energi, diciptakan untuk menurunkan kekuatan aliran air agar potensi gerusan setempat dapat diminimalisir.
- e. Bangunan pembilas, merupakan salah satu perlengkapan pokok bendung yang terletak di dekat intake. Bangunan pembilas berfungsi untuk menghindarkan angkutan sedimen dasar dan mengurangi angkutan sedimen layang masuk ke intake.

2.3.1 Perencanaan Struktur Bendung

Sebelum pembangunan sebuah konstruksi bendung terlebih dahulu ditentukan lokasi dimana bendung itu akan dibangun. Selain itu banyak hal-hal yang harus diperhatikan misalnya konstruksi bendung harus direncanakan sedemikian rupa agar seluruh daerah dapat dialiri air.

2.3.2 Lebar Bendung

Lebar efektif bendung adalah lebar bendung yang bermanfaat untuk melewati debit. Lebar efektif bendung lebih kecil dari lebar bendung dikarenakan adanya pilar dan pintu penguras. (*Standart Perencanaan Irigasi KP-02,1986*)

$$B_e = B_n - 2(nK_p + K_a) H_1 \quad (2.38)$$

Di mana :

n = jumlah pilar

K_p = koefisien kontraksi pilar

K_a = koefisien kontraksi

H₁ = tinggi energi (m)

B_n = lebar mercu yang sebenarnya

B_e = lebar efektif mercu

Tabel 2.12 Harga-harga koefisien K_a dan K_p

Bentuk Pilar	K_p
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut-sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0,1 dari tebal plat	0,02
Untuk pilar berujung bulat	0,01
Untuk pilar berujung bulat	0
Bentuk Pangkal Tembok	K_a
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° ke arah aliran	0,20
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90° ke arah aliran dengan $0,5 H_1 > r > 0,15 H_1$	0,10
Untuk pangkal tembok bulat dimana $r > 0,5 H_1$ dan tembok hulu tidak lebih dari 450 ke arah aliran	0

2.3.3 Mercu Bendung

Mercu bendung adalah bagian teratas dari tubuh bendung. Fungsi dari mercu bendung adalah sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian hulu bendung, sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran air. Klasifikasi mercu bendung berdasarkan bentuknya, yaitu mercu Ogee dan mercu bulat.

a. Mercu Bulat

Mercu bendung bulat mempunyai koefisien debit yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mercu bendung ambang lebar. Pada sungai, ini akan banyak memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. Harga koefisien debit menjadi lebih tinggi karena lengkung streamline dan tekanan negatif pada mercu. Tinggi energi di atas mercu dapat dihitung dengan persamaan tinggi energi – debit, untuk ambang bulat dan pengontrol segi empat yaitu :

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot b \cdot H_1^{1.5} \quad (2.39)$$

Di mana :

Q = debit, m³/ dt

Cd = koefisien debit (Cd = C0.C1.C2.)

g = percepatan gravitasi, 9,8 m/dt²

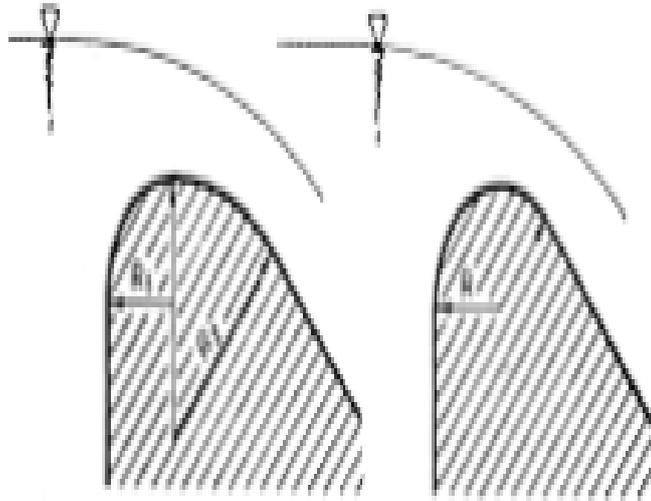
b = lebar mercu, m

H1 = tinggi air di atas mercu, m

C0 = fungsi r = jari-jari mercu

C1 = fungsi P = tinggi mercu

C2 = fungsi dan kemiringan muka hulu



Gambar 2.12 Mercu tipe bulat

b. Mercu Ogee

Mercu Ogee adalah sebuah mercu bendung yang memiliki bentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan sub atmosfer pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit rendah, air akan memberikan tekanan kebawah pada mercu.

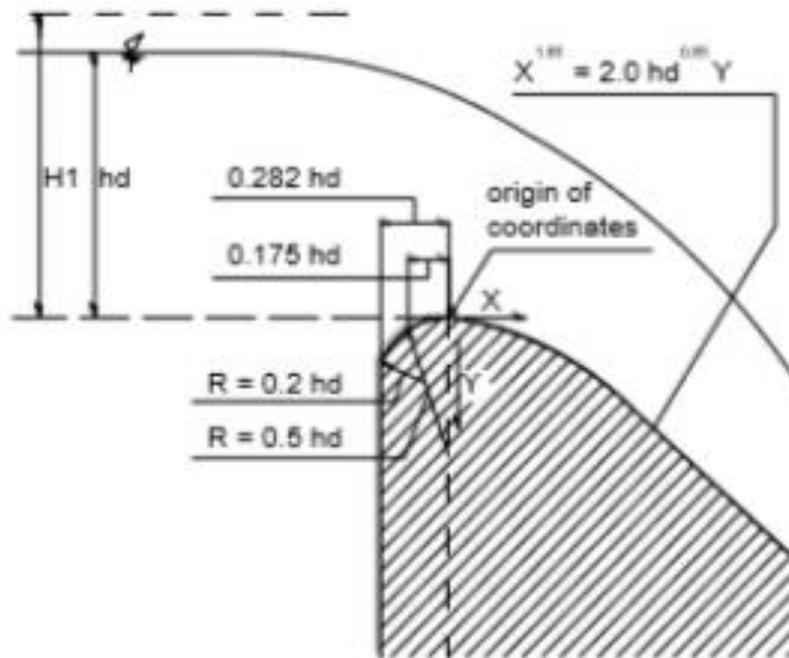
$$\frac{Y}{Hd} = \frac{1}{K} \left[\frac{X}{Hd} \right]^n \quad (2.40)$$

Di mana :

X dan Y = koordinat-koordinat permukaan hilir bendung

Hd = tinggi air di atas mercu

K dan n = konstanta dari faktor kemiringan permukaan hulu



Gambar 2.13 Mercu Tipe Ogee

2.3.4 Bangunan Pengambilan (*Intake*)

Bangunan pengambilan adalah sebuah bangunan yang berupa pintu air yang merupakan suatu komponen pada bendung yang berfungsi untuk mengelakkan air dari sungai dalam jumlah yang diinginkan. Bangunan ini biasanya dilengkapi dengan penghalang sampah agar sampah tidak masuk kedalam aliran air. Bangunan ini biasanya berada ditepi sungai dan merupakan satu kesatuan dengan bangunan pembilas. Perencanaan bangunan pengambilan meliputi debit pengambilan serta dimensi lebar dan tinggi bukaan pintu pengambilan.

2.2.4 Bangunan Pembilas

Bangunan pembilas adalah salah satu perlengkapan pokok bendung yang terletak di dekat intake. Berfungsi untuk menghindarkan angkutan muatan sedimen dasar dan mengurangi angkutan muatan sedimen layang masuk ke intake. Berdasarkan letak bangunannya di dalam bendung terdapat dua buah bangunan pembilas, yaitu di bagian hulu dekat intake dan di hilir setelah kantong lumpur.

- Bangunan pembilas di dekat intake

Bangunan penguras berfungsi untuk mengontrol pergerakan sedimen, menghindarkan angkutan muatan dasar dan mengurangi angkutan muatan layang ke bangunan pengambilan.

- Bangunan pembilas setelah kantong lumpur

Bangunan pembilas setelah kantong lumpur berfungsi untuk menguras sedimen keluar dari saluran kantong lumpur dengan aliran yang berkecepatan tinggi.

2.2.5 Bangunan Peredam Energi

Bangunan peredam energi bendung adalah struktur dari bangunan di hilir tubuh bendung yang terdiri dari beberapa tipe, bentuk dan di kanan kirinya dibatasi oleh tembok pangkal bendung dilanjutkan dengan tembok sayap hilir dengan bentuk tertentu. Fungsi Bangunan adalah untuk meredam energi air akibat pembendungan, agar air di hilir bendung tidak menimbulkan penggerusan setempat yang membahayakan struktur.

- Prinsip Peredam Energi

Prinsip peredam energi pada bangunan peredam energi adalah dengan cara menimbulkan gesekan air dengan lantai dan dinding struktur, gesekan air dengan air, membentuk pusaran air berbalik vertikal ke atas dan ke bawah serta pusaran arah horizontal dan menciptakan benturan aliran ke struktur serta membuat loncatan air di dalam ruang olakan.

- Faktor Pemilihan Tipe

Dalam memilih tipe bangunan peredam energi sangat bergantung kepada berbagai faktor antara lain : Tinggi pembendungan, Keadaan geoteknik tanah dasar misalnya jenis batuan, lapisan, kekerasan tekan, diameter butir, dsb, Jenis angkutan sedimen yang terbawa aliran sungai, Kemungkinan degradasi dasar sungai yang akan terjadi di hilir bendung, Keadaan aliran yang terjadi di bangunan

peredam energi seperti aliran tidak sempurna/tenggelam, loncatan aliran yang lebih rendah atau lebih tinggi dan sama dengan kedalaman muka air hilir (tail water).

2.2.6 Kolam Olak

Kolam olak yang sering digunakan di Indonesia ada dua tipe, yaitu kolam olak tipe Vlugter dan kolam olak tipe Bak tenggelam.

- Kolam olak tipe Vlugter

Bentuk hidrolis kolam olak tipe Vlugter merupakan pertemuan suatu penampang miring, penampang melengkung dan penampang lurus. Tipe ini digunakan karena mempunyai dasar aluvial dengan sungai yang tidak banyak membawa sedimen yang berdiameter besar. Dalamnya lantai ruang olakan dari puncak mercu tidak lenih dari 8 meter.

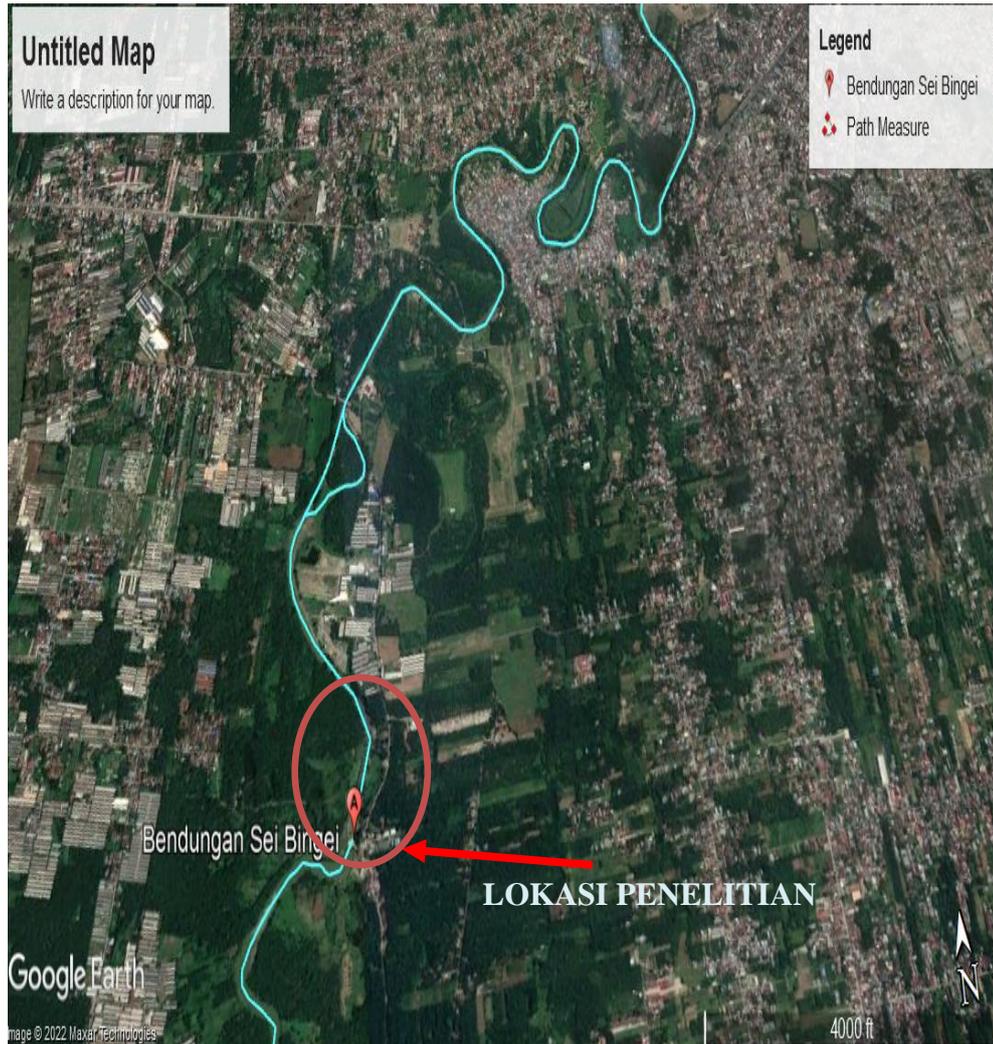
- Kolam Olak tipe Bak Tenggelam

Kolam olak tipe Bak Tenggelam telah digunakan sejak lama dengan sangat berhasil pada bendung-bendung rendah dan untuk bilangan-bilangan Fruode rendah. Kriteria- kriteria dasar sebagaimana diberikan oleh USBR sulit untuk diterapkan bagi perencanaan bendung dengan tinggi energi rendah.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini hanya membahas pada sungai bingei di kota Binjai.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian Sungai Bingei Kecamatan Binjai

3.2 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan mencari data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Data yang digunakan adalah Data Primer dan Data Sekunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengamatan dan peninjauan langsung di lapangan. Data primer juga diperoleh dari :

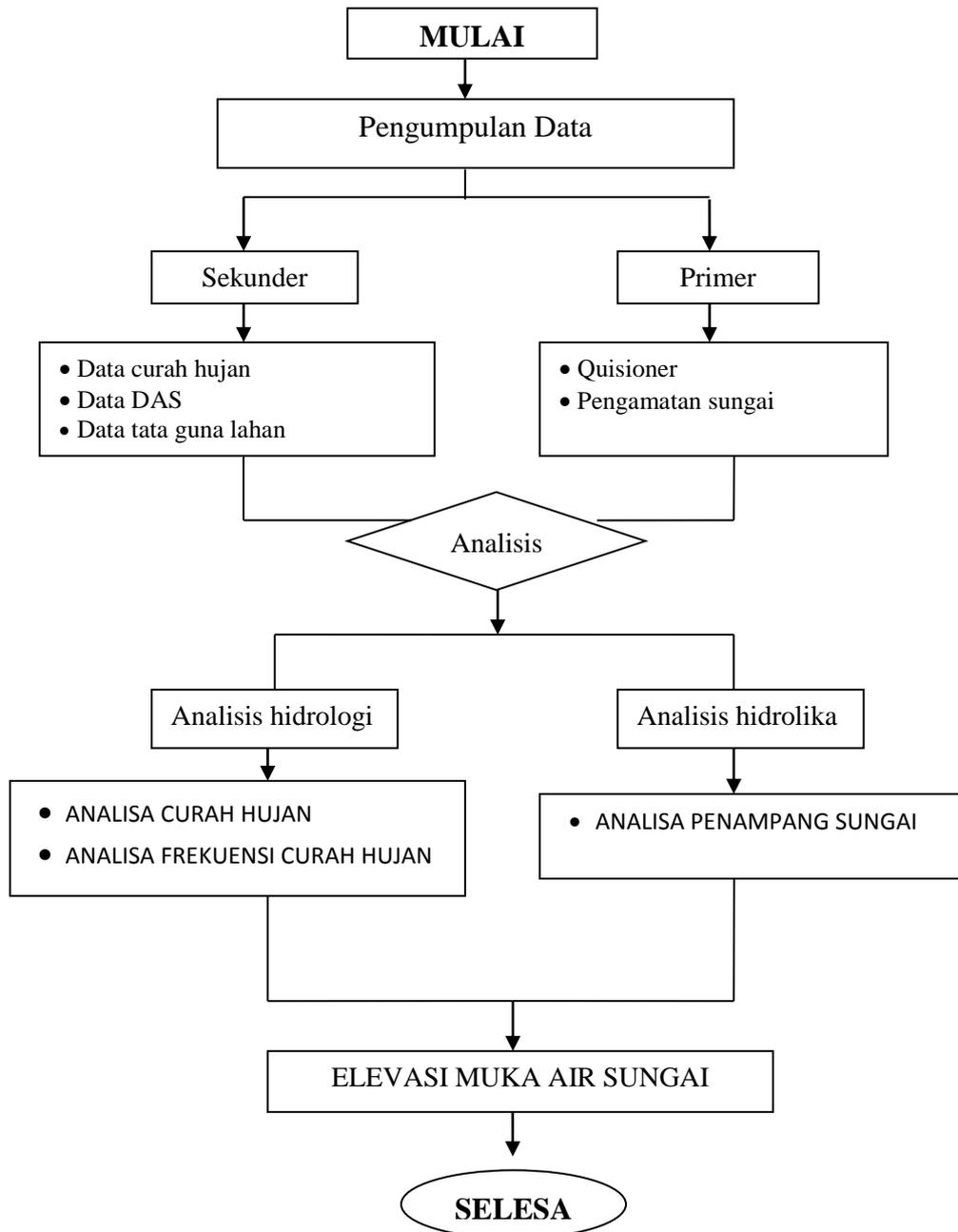
- a. Quisioner
- b. Penelusuran di sungai bingei

Metode penelusuran 100 meter di sepanjang sungai bingei dan batasan sungai

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi pada instan siataupun lembaga – lembaga yang terkait dalam perencanaan normalisasi sungai ini. Data sekunder biasanya merupakan arsip lama maupun data kondisi terbaru.

3.3 Metode Penelitian



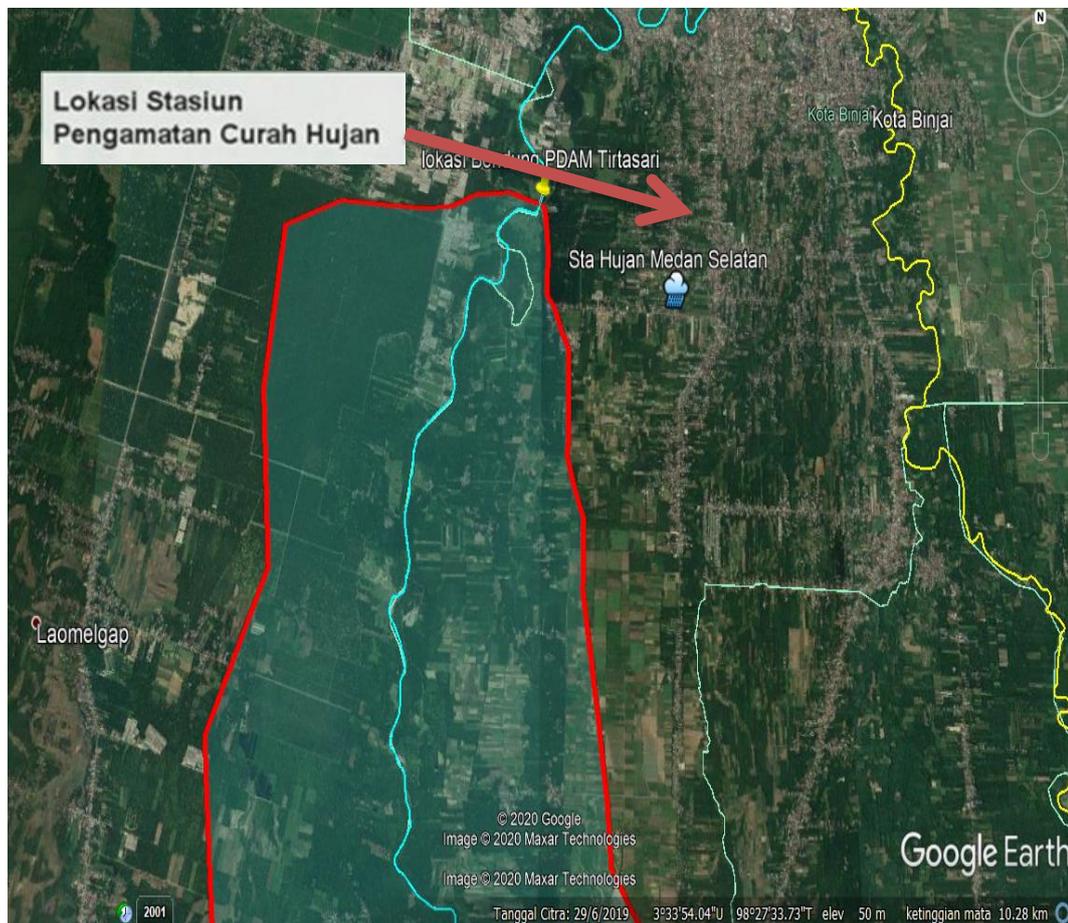
Gambar 3.2 Gambar bagan alir

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Curah Hujan Kawasan

Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan ketersediaan air dan debit banjir sungai Bingei yaitu data curah hujan dari Stasiun Hujan BPP Binjai Selatan. Data curah hujan ini didapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Sampali.



Gambar 4.1 Lokasi Stasiun Hujan pada Cacthment Area Kajian

Data hujan yang diperoleh dari alat penakar hujan merupakan hujan yang terjadi hanya pada satu tempat atau titik saja (point rainfall). Curah hujan wilayah/kawasan yang dinyatakan dalam millimeter. Mengingat curah hujan sangat bervariasi terhadap tempat maka, untuk kawasan yang luas, satu alat penakar hujan belum dapat menggambarkan hujan wilayah tersebut. Dalam hal ini diperlukan curah hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa stasiun penakar curah hujan yang ada di dalam dan atau di sekitar kawasan lokasi kegiatan perencanaan. Perhitungan curah hujan kawasan dilakukan untuk memberikan nilai curah hujan secara time series pada setiap kawasan (areal rainfall) yang dapat berupa Daerah Pengaliran Sungai (DPS) berdasarkan data curah hujan dari pos-pos yang ada (point rainfall).

Selain berdasarkan stasiun pengamatan, curah hujan daerah dapat dihitung dengan parameter luas daerah tinjauan sebagai berikut (Sosrodarsono, 2003: 51):

1. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil diwakili oleh sebuah stasiun pengamatan.
2. Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 - 50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 stasiun pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
3. Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000 - 500.000 ha yang memiliki beberapa stasiun pengamatan tersebar cukup merata dan dimana curah hujannya tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi topografi dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, tetapi jika stasiun pengamatan tersebar tidak merata dapat menggunakan metode Thiessen.
4. Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha menggunakan metode Isohiet atau metode potongan antara.



Gambar 4.2 Daerah Aliran Sungai (DAS) pada Bendung Tirtasari

Dalam analisa hidrologi untuk menentukan besarnya curah hujan kawasan ada 3 (tiga) cara yang umum dipakai antara lain :

- Cara rata-rata hitungan (aljabar)
- Cara Poligon Thiessen
- Cara Isohyet

Perhitungan curah hujan kawasan pada studi ini akan dilakukan dengan Metode Hujan Titik karena pos penakar hujan tunggal. Data yang ada dalam kurun waktu 10 tahun terakhir yaitu tahun 2009 sampai tahun 2018 seperti yang

ditunjukkan berikut ini.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Stasiun Hujan BPP Binjei Selatan

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES	JUMLAH (mm)
2009	366	70	525	328	214	152	186	96	325	453	149	183	5056
2010	119	69	148	96	102	196	225	153	244	146	458	163	4129
2011	160	63	307	350	298	292	117	349	169	393	261	234	5004
2012	189	46	236	331	330	132	182	90	352	193	371	401	4865
2013	314	478	124	242	487	273	236	598	302	851	366	549	6833
2014	46	12	62	164	362	386	232	199	439	708	399	306	5329
2015	329	320	219	219	426	94	280	475	355	587	543	315	6177
2016	338	340	104	141	497	360	426	378	754	471	332	381	6538
2017	273	263	231	283	358	166	46	451	711	437	341	381	5958
2018	175	44	112	154	173	241	204	94	103	447	553	525	4843

Sumber : BMKG Simpali, 2020

Dari data curah hujan stasiun yang ada maka akan diperoleh data curah hujan kawasan untuk curah hujan maksimum bulanan. Dari tabel diatas akan diperoleh data curah hujan harian maksimum setiap tahun, selanjutnya data curah hujan harian maksimum kawasan ini akan diperiksa terhadap *outlier* dan *trend*.

4.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan curah hujan rencana ini diperlukan untuk memperkirakan besarnya hujan harian daerah maksimum yang mungkin terjadi. Dalam perencanaan ini akan dihitung dengan menggunakan metode Analisis Frekuensi.

Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang (return period) tertentu. Besaran ini merupakan besaran banjir (atau hujan/design rainfall) yang rata-rata akan disamai atau dilampaui sekali dalam T tahun. T (tahun) ini disebut sebagai kala ulang (return period). Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit.

Dalam melakukan analisis curah hujan harian maksimum, ada beberapa metode yang bisa digunakan yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal 2

Parameter, Distribusi Log Normal 3 Parameter, Distribusi Pearson III dan Distribusi Log Pearson III dan Distribusi Gumbel.

Tabel 4.2 Curah Hujan Maksimum Berdasarkan Rangkaian

Tahun	Rangkaian	Curah Hujan Maksimum
2013	1	124
2016	2	104
2015	3	94
2009	4	70
2010	5	69
2011	6	63
2012	7	46
2017	8	46
2018	9	44
2014	10	12

Sumber : Hasil Perhitungan,2022

4.2.1 Metode Distribusi Normal

Untuk mengetahui besarnya curah hujan yang diharapkan berulang setiap t tahun adalah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_a)^2}{n-1}} \quad (4.1)$$

$$X_T = X_a + K_T \times S \quad (4.2)$$

Dimana :

X_T = Curah hujan rencana dengan Distribusi Normal (mm)

X_a = Curah hujan rata-rata (mm)

K_T = Nilai Variabel Reduksi Gauss

S = Standart Deviasi

X_i = Curah hujan max

n = jumlah data

4.2.2 Metode Distribusi Log Normal

Besarnya curah hujan yang diharapkan berulang t tahun dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut:

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4.3)$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X_a + (K_T \cdot S \text{ Log } X) \quad (4.4)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Curah hujan rencana dengan Distribusi Log Normal (mm)

$\text{Log } X_a$ = Curah hujan rata-rata (mm)

K_T = Nilai Variabel Reduksi Gauss untuk distribusi log normal

$S \text{ Log } X$ = Standart Deviasi

4.2.3 Metode Distribusi Log Pearson III

Besarnya curah hujan yang diharapkan berulang t tahun dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut:

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4.5)$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X_a + (K_T \cdot S \text{ Log } X) \quad (4.6)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Curah hujan rencana dengan Distribusi Log Normal (mm)

$\text{Log } X_a$ = Curah hujan rata-rata (mm)

K_T = Nilai Variabel Reduksi Gauss untuk distribusi log pearson III

$S \text{ Log } X$ = Standart Devias

4.2.4 Metode Distribusi Gumbel

Besarnya curah hujan yang diharapkan berulang t tahun dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X_a)^2}{n-1}} \quad (4.7)$$

$$K_T = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \quad (4.8)$$

$$X_T = X_a + (K_T \cdot S) \quad (4.9)$$

Dimana :

X_T = Curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbel (mm)

X_a = Curah hujan rata-rata (mm)

K_T = Nilai variabel untuk Distribusi Gumbel

S = Standar deviasi

Gumbel merupakan harga ekstrim untuk menunjukkan bahwa dalam deret harga harga ekstrim $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda.

Hasil analisis frekuensi curah hujan dengan metode Distribusi Normal, Distribusi Log Normal 2 Parameter, Distribusi Log Normal 3 Parameter, Distribusi Gumbel I, Distribusi Pearson III dan Distribusi Log Pearson III disajikan pada tabel dibawah ini

Tabel 4.3 Distribusi frekuensi data hujan dengan beberapa metode (mm)

Kala Ulang T (Tahun)	t	Distribusi Probabilitas					
		Normal	Lognormal 2 Paramet.	Lognormal 3 Paramet.	Gumbel I	Pearson III	Log Pearson III
2	0,0000	67,2	60,3	66,1	62,7	66,1	67,6
5	0,8416	95,0	89,2	94,6	102,1	94,6	98,8
10	1,2816	109,5	109,5	110,1	128,2	110,2	112,2
20	1,6449	121,5	129,6	123,3	153,3	123,3	121,0
25	1,7507	125,0	136,1	127,2	161,2	127,2	123,1
50	2,0537	135,0	156,7	138,6	185,7	138,6	128,1
100	2,3263	144,0	177,9	149,0	209,9	148,9	131,4
1000	3,0902	169,2	253,8	179,1	290,1	178,9	135,5
Penyimpangan Maksimum		10,32	9,07	9,71	12,31	9,76	8,16
Delta Kritis (Sig. Level 5 %)		56,3	56,3	56,3	56,3	56,3	56,3

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa metode Distribusi Log Pearson III memberikan hasil yang terbaik dibandingkan metode lainnya karena memiliki nilai penyimpangan terkecil selanjutnya diikuti oleh metode Distribusi Log Pearson III.

Hasil perhitungan hujan rancangan dengan Distribusi Log Pearson III disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hujan Rancangan Harian Maksimum dengan Kala Ulang T tahun

T (Kala Ulang)	Peluang (%)	Log Xr	Cs	K	SD	Log Xt	Xt
2	50,00%	1,96119	-0,2803	0,046	0,1011	1,8297	67,6
5	20,00%	1,96119	-0,2803	0,854	0,1011	1,9948	98,8
10	10,00%	1,96119	-0,2803	1,249	0,1011	2,0501	112,2
20	5,00%	1,96119	-0,2803	1,518	0,1011	2,0827	121,0
25	4,00%	1,96119	-0,2803	1,653	0,1011	2,0903	123,1
50	2,00%	1,96119	-0,2803	1,902	0,1011	2,1076	128,1
100	1,00%	1,96119	-0,2803	2,118	0,1011	2,1185	131,4

Sumber : Hasil Analisa, 2022

Dalam perhitungan selanjutnya dipakai hujan rancangan periode ulang dengan metode distribusi Log Pearson III.

4.3 Hidrograf Banjir Rencana

Hidrograf aliran menggambarkan suatu distribusi waktu dari aliran (dalam hal ini debit) di sungai dalam suatu DAS pada suatu lokasi tertentu. Hidrograf aliran suatu DAS merupakan bagian penting yang diperlukan dalam berbagai perencanaan bidang Sumber Daya Air. Terdapat hubungan erat antara hidrograf dengan karakteristik suatu DAS, dimana hidrograf banjir dapat menunjukkan respon DAS terhadap masukan hujan tersebut.

Perhitungan debit banjir dengan metode empiris berdasarkan data curah hujan dimaksudkan untuk mengetahui metode apa yang paling cocok digunakan untuk diaplikasikan pada perhitungan debit banjir pada DAS lainnya di lokasi perencanaan.

Perhitungan dilakukan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu. Pemilihan metode perhitungan debit banjir yang digunakan sangat penting karena berkaitan dengan konsep penentuan elevasi muka air banjir pada titik lokasi pembangunan Rehabilitasi Bendung Tirtasari dan Mebidang di Kota Binjai.

Metode yang digunakan untuk analisa debit banjir rencana tergantung dari jumlah data debit dan data hujan. Untuk perencanaan kapasitas tampungan sungai yang melintasi jembatan KA, maka metode yang saya gunakan untuk dipakai adalah metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu, yang berasal dari Jepang .

4.4 Analisa Banjir Rencana Pada Lokasi Sungai Bingei Kota Binjai

Adapun karakteristik daerah aliran sungai (DAS) adalah sebagai berikut :

- Luas DAS (A) = 301,00 Km²
- Panjang Sungai = 46,30 Km
- Koefisien Limpasan (C) = 0,4 (Perkampungan dan Perkebunan)

Pada tabel ditampilkan beberapa langkah hasil perhitungan debit banjir dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Tabel 4.5 Input Unit Hidrograf Sungai Bingei pada lokasi kajian

No	Parameter Unit Hicrograf		
1	Panjang sungai/saluran (L)		
	L	=	46.300 km
2	Luas DAS		
	F_{DAS}	=	301.000 km ²
3	Koef. Pengaliran DAS		
	C_{wDAS}	=	0.4
4	Time tag (Tg)		
	Tg	=	3.077 jam
	Syarat :		
	L < 15 km; Tg = 0,4 +0,058L		
	L > 15 km; Tg = 0,21L ^{0,7}		
5	Satuan waktu hujan (tr)		
	Tr	=	2.154 jam
	Syarat :		
	Tr = 0,5 tg s.d 1,0 tg		
6	Peak time (Tp)		
	$T_p = T_g + 0,8.tr$	=	4.80 jam
7	Parameter hidrograf		
	Parameter alfa (a)	=	2
	$T_{0,3}$	=	6.15 jam
	$0,5T_{0,3}$	=	3.08 jam
	$1,5T_{0,3}$	=	9.23 jam
	$2,0T_{0,3}$	=	12.31 jam
8	Curah hujan spesifik (R ₀)		
	R ₀	=	1 mm
9	Debit puncak		
	Qp	=	4.40 m ³ /dt/mm
10	Base flow		
	Qb	=	2.20 m ³ /dt/mm

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.6 Distribusi Curah Hujan Rencana

Perioda ulang	Curah hujan	Nisbah Jam ke- (%)						Jam ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
2	67,562	55%	15%	11%	7%	7%	5%	37,16	10,13	7,43	4,73	4,73	3,38
5	98,825	55%	15%	11%	7%	7%	5%	54,35	14,82	10,87	6,92	6,92	4,94
10	112,243	55%	15%	11%	7%	7%	5%	61,73	16,84	12,35	7,86	7,86	5,61
20	120,989	55%	15%	11%	7%	7%	5%	66,54	18,15	13,31	8,47	8,47	6,05
25	123,111	55%	15%	11%	7%	7%	5%	67,71	18,47	13,54	8,62	8,62	6,16
50	128,134	55%	15%	11%	7%	7%	5%	70,47	19,22	14,09	8,97	8,97	6,41
100	131,393	55%	15%	11%	7%	7%	5%	72,27	19,71	14,45	9,20	9,20	6,57
1000	135,502	55%	15%	11%	7%	7%	5%	74,53	20,33	14,91	9,49	9,49	6,78

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.7 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 2 Tahun (Q_{2th})

Hidrograf Nakayasu T = 2 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
		37,16	10,13	7,43	4,73	4,73	3,38			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	3,79						3,79	2,20	5,99
2,00	0,538	20,00	5,45					25,45	2,20	27,65
3,00	1,424	52,92	14,43	10,58				77,93	2,20	80,14
4,00	2,841	105,55	28,79	21,11	13,43			168,88	2,20	171,08
4,80	4,400	163,50	44,59	32,70	20,81			261,60	2,20	263,80
5,00	4,231	157,22	42,88	31,44	20,01	20,01		271,57	2,20	273,77
6,00	3,479	129,27	35,26	25,85	16,45	16,45		223,29	2,20	225,49
6,15	3,378	125,53	34,24	25,11	15,98	15,98		216,82	2,20	219,03
7,00	2,210	82,14	22,40	16,43	10,45	10,45	7,47	149,34	2,20	151,54
8,00	1,940	72,09	19,66	14,42	9,17	9,17	6,55	131,07	2,20	133,27
9,00	1,703	63,27	17,25	12,65	8,05	8,05	5,75	115,03	2,20	117,23
9,23	1,652	61,40	16,74	12,28	7,81	7,81	5,58	111,63	2,20	113,83
10,00	1,494	55,53	15,14	11,11	7,07	7,07	5,05	100,95	2,20	103,16
11,00	1,311	48,73	13,29	9,75	6,20	6,20	4,43	88,60	2,20	90,80
12,00	1,151	42,77	11,66	8,55	5,44	5,44	3,89	77,76	2,20	79,96
13,00	1,010	37,54	10,24	7,51	4,78	4,78	3,41	68,25	2,20	70,45
14,00	0,887	32,94	8,98	6,59	4,19	4,19	2,99	59,90	2,20	62,10
15,00	0,778	28,91	7,89	5,78	3,68	3,68	2,63	52,57	2,20	54,77
16,00	0,596	22,14	6,04	4,43	2,82	2,82	2,01	40,26	2,20	42,46
17,00	0,540	20,08	5,48	4,02	2,56	2,56	1,83	36,51	2,20	38,71
18,00	0,490	18,21	4,97	3,64	2,32	2,32	1,66	33,10	2,20	35,30
19,00	0,444	16,51	4,50	3,30	2,10	2,10	1,50	30,02	2,20	32,22
20,00	0,403	14,97	4,08	2,99	1,91	1,91	1,36	27,22	2,20	29,42
21,00	0,365	13,57	3,70	2,71	1,73	1,73	1,23	24,68	2,20	26,88
22,00	0,331	12,31	3,36	2,46	1,57	1,57	1,12	22,38	2,20	24,58
23,00	0,300	11,16	3,04	2,23	1,42	1,42	1,01	20,29	2,20	22,49
24,00	0,272	10,12	2,76	2,02	1,29	1,29	0,92	18,40	2,20	20,60

Sumber : Hasil perhitungan, 2022\

Tabel 4.8 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 5 Tahun (Q_{5th})

Hidrograf Nakayasu T = 5 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
		54,35	14,82	10,87	6,92	6,92	4,94			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	5,54						5,54	2,20	7,74
2,00	0,538	29,25	7,98					37,23	2,20	39,43
3,00	1,424	77,41	21,11	15,48				114,00	2,20	116,20
4,00	2,841	154,39	42,11	30,88	19,65			247,03	2,20	249,23
4,80	4,400	239,16	65,22	47,83	30,44			382,65	2,20	384,85
5,00	4,231	229,98	62,72	46,00	29,27	29,27		397,23	2,20	399,44
6,00	3,479	189,09	51,57	37,82	24,07	24,07		326,61	2,20	328,81
6,15	3,378	183,62	50,08	36,72	23,37	23,37		317,16	2,20	319,36
7,00	2,210	120,14	32,77	24,03	15,29	15,29	10,92	218,44	2,20	220,64
8,00	1,940	105,44	28,76	21,09	13,42	13,42	9,59	191,71	2,20	193,92
9,00	1,703	92,54	25,24	18,51	11,78	11,78	8,41	168,26	2,20	170,46
9,23	1,652	89,80	24,49	17,96	11,43	11,43	8,16	163,28	2,20	165,48
10,00	1,494	81,22	22,15	16,24	10,34	10,34	7,38	147,67	2,20	149,87
11,00	1,311	71,28	19,44	14,26	9,07	9,07	6,48	129,60	2,20	131,80
12,00	1,151	62,56	17,06	12,51	7,96	7,96	5,69	113,74	2,20	115,95
13,00	1,010	54,91	14,97	10,98	6,99	6,99	4,99	99,83	2,20	102,03
14,00	0,887	48,19	13,14	9,64	6,13	6,13	4,38	87,61	2,20	89,82
15,00	0,778	42,29	11,53	8,46	5,38	5,38	3,84	76,89	2,20	79,10
16,00	0,596	32,39	8,83	6,48	4,12	4,12	2,94	58,89	2,20	61,09
17,00	0,540	29,37	8,01	5,87	3,74	3,74	2,67	53,40	2,20	55,60
18,00	0,490	26,63	7,26	5,33	3,39	3,39	2,42	48,42	2,20	50,62
19,00	0,444	24,15	6,59	4,83	3,07	3,07	2,20	43,91	2,20	46,11
20,00	0,403	21,90	5,97	4,38	2,79	2,79	1,99	39,81	2,20	42,01
21,00	0,365	19,85	5,41	3,97	2,53	2,53	1,80	36,10	2,20	38,30
22,00	0,331	18,00	4,91	3,60	2,29	2,29	1,64	32,73	2,20	34,93
23,00	0,300	16,32	4,45	3,26	2,08	2,08	1,48	29,68	2,20	31,88
24,00	0,272	14,80	4,04	2,96	1,88	1,88	1,35	26,91	2,20	29,12

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.9 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 10 Tahun (Q_{10th})

Hidrograf Nakayasu T = 10 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	6,29						6,29	2,20	8,50
2,00	0,538	33,22	9,06					42,28	2,20	44,49
3,00	1,424	87,91	23,98	17,58				129,47	2,20	131,68
4,00	2,841	175,35	47,82	35,07	22,32			280,57	2,20	282,77
4,80	4,400	271,63	74,08	54,33	34,57			434,60	2,20	436,81
5,00	4,231	261,20	71,24	52,24	33,24	33,24		451,17	2,20	453,37
6,00	3,479	214,76	58,57	42,95	27,33	27,33		370,95	2,20	373,15
6,15	3,378	208,55	56,88	41,71	26,54	26,54		360,22	2,20	362,42
7,00	2,210	136,45	37,21	27,29	17,37	17,37	12,40	248,10	2,20	250,30
8,00	1,940	119,76	32,66	23,95	15,24	15,24	10,89	217,74	2,20	219,95
9,00	1,703	105,11	28,67	21,02	13,38	13,38	9,56	191,10	2,20	193,30
9,23	1,652	102,00	27,82	20,40	12,98	12,98	9,27	185,45	2,20	187,65
10,00	1,494	92,25	25,16	18,45	11,74	11,74	8,39	167,72	2,20	169,92
11,00	1,311	80,96	22,08	16,19	10,30	10,30	7,36	147,20	2,20	149,40
12,00	1,151	71,05	19,38	14,21	9,04	9,04	6,46	129,19	2,20	131,39
13,00	1,010	62,36	17,01	12,47	7,94	7,94	5,67	113,38	2,20	115,58
14,00	0,887	54,73	14,93	10,95	6,97	6,97	4,98	99,51	2,20	101,71
15,00	0,778	48,03	13,10	9,61	6,11	6,11	4,37	87,33	2,20	89,54
16,00	0,596	36,79	10,03	7,36	4,68	4,68	3,34	66,89	2,20	69,09
17,00	0,540	33,36	9,10	6,67	4,25	4,25	3,03	60,65	2,20	62,85
18,00	0,490	30,25	8,25	6,05	3,85	3,85	2,75	54,99	2,20	57,20
19,00	0,444	27,43	7,48	5,49	3,49	3,49	2,49	49,87	2,20	52,07
20,00	0,403	24,87	6,78	4,97	3,17	3,17	2,26	45,22	2,20	47,42
21,00	0,365	22,55	6,15	4,51	2,87	2,87	2,05	41,00	2,20	43,20
22,00	0,331	20,45	5,58	4,09	2,60	2,60	1,86	37,18	2,20	39,38
23,00	0,300	18,54	5,06	3,71	2,36	2,36	1,69	33,71	2,20	35,91
24,00	0,272	16,81	4,59	3,36	2,14	2,14	1,53	30,57	2,20	32,77

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.10 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 20 Tahun ($Q_{20\text{th}}$)

Hidrograf Nakayasu T = 20 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
		66,54	18,15	13,31	8,47	8,47	6,05			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	6,79						6,79	2,20	8,99
2,00	0,538	35,81	9,77					45,58	2,20	47,78
3,00	1,424	94,77	25,85	18,95				139,56	2,20	141,77
4,00	2,841	189,02	51,55	37,80	24,06			302,43	2,20	304,63
4,80	4,400	292,79	79,85	58,56	37,26			468,47	2,20	470,67
5,00	4,231	281,56	76,79	56,31	35,83	35,83		486,33	2,20	488,53
6,00	3,479	231,50	63,14	46,30	29,46	29,46		399,86	2,20	402,06
6,15	3,378	224,80	61,31	44,96	28,61	28,61		388,29	2,20	390,49
7,00	2,210	147,09	40,11	29,42	18,72	18,72	13,37	267,43	2,20	269,63
8,00	1,940	129,09	35,21	25,82	16,43	16,43	11,74	234,71	2,20	236,91
9,00	1,703	113,30	30,90	22,66	14,42	14,42	10,30	205,99	2,20	208,20
9,23	1,652	109,95	29,99	21,99	13,99	13,99	10,00	199,90	2,20	202,10
10,00	1,494	99,43	27,12	19,89	12,66	12,66	9,04	180,79	2,20	182,99
11,00	1,311	87,27	23,80	17,45	11,11	11,11	7,93	158,67	2,20	160,87
12,00	1,151	76,59	20,89	15,32	9,75	9,75	6,96	139,26	2,20	141,46
13,00	1,010	67,22	18,33	13,44	8,56	8,56	6,11	122,22	2,20	124,42
14,00	0,887	58,99	16,09	11,80	7,51	7,51	5,36	107,26	2,20	109,46
15,00	0,778	51,78	14,12	10,36	6,59	6,59	4,71	94,14	2,20	96,34
16,00	0,596	39,65	10,81	7,93	5,05	5,05	3,60	72,10	2,20	74,30
17,00	0,540	35,96	9,81	7,19	4,58	4,58	3,27	65,38	2,20	67,58
18,00	0,490	32,60	8,89	6,52	4,15	4,15	2,96	59,28	2,20	61,48
19,00	0,444	29,56	8,06	5,91	3,76	3,76	2,69	53,75	2,20	55,95
20,00	0,403	26,81	7,31	5,36	3,41	3,41	2,44	48,74	2,20	50,94
21,00	0,365	24,31	6,63	4,86	3,09	3,09	2,21	44,20	2,20	46,40
22,00	0,331	22,04	6,01	4,41	2,81	2,81	2,00	40,07	2,20	42,28
23,00	0,300	19,99	5,45	4,00	2,54	2,54	1,82	36,34	2,20	38,54
24,00	0,272	18,12	4,94	3,62	2,31	2,31	1,65	32,95	2,20	35,15

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.11 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 25 Tahun ($Q_{25\text{ th}}$)

Hidrograf Nakayasu T = 25 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
		67,71	18,47	13,54	8,62	8,62	6,16			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	6,90						6,90	2,20	9,11
2,00	0,538	36,44	9,94					46,38	2,20	48,58
3,00	1,424	96,43	26,30	19,29				142,01	2,20	144,21
4,00	2,841	192,33	52,45	38,47	24,48			307,73	2,20	309,94
4,80	4,400	297,93	81,25	59,59	37,92			476,69	2,20	478,89
5,00	4,231	286,49	78,13	57,30	36,46	36,46		494,85	2,20	497,06
6,00	3,479	235,56	64,24	47,11	29,98	29,98		406,87	2,20	409,07
6,15	3,378	228,74	62,38	45,75	29,11	29,11	20,79	415,89	2,20	418,09
7,00	2,210	149,67	40,82	29,93	19,05	19,05	13,61	272,12	2,20	274,32
8,00	1,940	131,35	35,82	26,27	16,72	16,72	11,94	238,83	2,20	241,03
9,00	1,703	115,28	31,44	23,06	14,67	14,67	10,48	209,61	2,20	211,81
9,23	1,652	111,87	30,51	22,37	14,24	14,24	10,17	203,41	2,20	205,61
10,00	1,494	101,18	27,59	20,24	12,88	12,88	9,20	183,96	2,20	186,16
11,00	1,311	88,80	24,22	17,76	11,30	11,30	8,07	161,45	2,20	163,65
12,00	1,151	77,93	21,25	15,59	9,92	9,92	7,08	141,70	2,20	143,90
13,00	1,010	68,40	18,65	13,68	8,71	8,71	6,22	124,36	2,20	126,56
14,00	0,887	60,03	16,37	12,01	7,64	7,64	5,46	109,14	2,20	111,35
15,00	0,778	52,68	14,37	10,54	6,71	6,71	4,79	95,79	2,20	97,99
16,00	0,596	40,35	11,00	8,07	5,14	5,14	3,67	73,36	2,20	75,57
17,00	0,540	36,59	9,98	7,32	4,66	4,66	3,33	66,52	2,20	68,72
18,00	0,490	33,18	9,05	6,64	4,22	4,22	3,02	60,32	2,20	62,52
19,00	0,444	30,08	8,20	6,02	3,83	3,83	2,73	54,69	2,20	56,90
20,00	0,403	27,28	7,44	5,46	3,47	3,47	2,48	49,59	2,20	51,80
21,00	0,365	24,73	6,75	4,95	3,15	3,15	2,25	44,97	2,20	47,17
22,00	0,331	22,43	6,12	4,49	2,85	2,85	2,04	40,78	2,20	42,98
23,00	0,300	20,34	5,55	4,07	2,59	2,59	1,85	36,97	2,20	39,18
24,00	0,272	18,44	5,03	3,69	2,35	2,35	1,68	33,53	2,20	35,73

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.12 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 50 Tahun ($Q_{50\text{th}}$)

Hidrograf Nakayasu T = 50 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1 70,47	2 19,22	3 14,09	4 8,97	5 8,97	6 6,41			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	7,19						7,19	2,20	9,39
2,00	0,538	37,93	10,34					48,27	2,20	50,47
3,00	1,424	100,36	27,37	20,07				147,81	2,20	150,01
4,00	2,841	200,18	54,59	40,04	25,48			320,29	2,20	322,49
4,80	4,400	310,09	84,57	62,02	39,47			496,14	2,20	498,34
5,00	4,231	298,18	81,32	59,64	37,95	37,95		515,05	2,20	517,25
6,00	3,479	245,17	66,86	49,03	31,20	31,20		423,47	2,20	425,67
6,15	3,378	238,07	64,93	47,61	30,30	30,30		411,22	2,20	413,42
7,00	2,210	155,77	42,48	31,15	19,83	19,83	14,16	283,23	2,20	285,43
8,00	1,940	136,71	37,29	27,34	17,40	17,40	12,43	248,57	2,20	250,77
9,00	1,703	119,99	32,72	24,00	15,27	15,27	10,91	218,16	2,20	220,36
9,23	1,652	116,44	31,76	23,29	14,82	14,82	10,59	211,71	2,20	213,91
10,00	1,494	105,31	28,72	21,06	13,40	13,40	9,57	191,47	2,20	193,67
11,00	1,311	92,42	25,21	18,48	11,76	11,76	8,40	168,04	2,20	170,24
12,00	1,151	81,11	22,12	16,22	10,32	10,32	7,37	147,48	2,20	149,68
13,00	1,010	71,19	19,42	14,24	9,06	9,06	6,47	129,43	2,20	131,64
14,00	0,887	62,48	17,04	12,50	7,95	7,95	5,68	113,60	2,20	115,80
15,00	0,778	54,83	14,95	10,97	6,98	6,98	4,98	99,70	2,20	101,90
16,00	0,596	42,00	11,45	8,40	5,34	5,34	3,82	76,36	2,20	78,56
17,00	0,540	38,08	10,39	7,62	4,85	4,85	3,46	69,24	2,20	71,44
18,00	0,490	34,53	9,42	6,91	4,39	4,39	3,14	62,78	2,20	64,98
19,00	0,444	31,31	8,54	6,26	3,98	3,98	2,85	56,93	2,20	59,13
20,00	0,403	28,39	7,74	5,68	3,61	3,61	2,58	51,62	2,20	53,82
21,00	0,365	25,74	7,02	5,15	3,28	3,28	2,34	46,81	2,20	49,01
22,00	0,331	23,34	6,37	4,67	2,97	2,97	2,12	42,44	2,20	44,64
23,00	0,300	21,17	5,77	4,23	2,69	2,69	1,92	38,48	2,20	40,69
24,00	0,272	19,19	5,23	3,84	2,44	2,44	1,74	34,89	2,20	37,10

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Tabel 4.13 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun (Q_{100th})

Hidrograf Nakayasu T = 100 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
0,00	0,000	72,27	19,71	14,45	9,20	9,20	6,57	0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	7,37						7,37	2,20	9,57
2,00	0,538	38,89	10,61					49,50	2,20	51,70
3,00	1,424	102,91	28,07	20,58				151,56	2,20	153,77
4,00	2,841	205,27	55,98	41,05	26,13			328,43	2,20	330,64
4,80	4,400	317,97	86,72	63,59	40,47			508,75	2,20	510,95
5,00	4,231	305,77	83,39	61,15	38,92	38,92		528,14	2,20	530,35
6,00	3,479	251,40	68,56	50,28	32,00	32,00		434,24	2,20	436,44
6,15	3,378	244,13	66,58	48,83	31,07	31,07		421,68	2,20	423,88
7,00	2,210	159,74	43,56	31,95	20,33	20,33	14,52	290,43	2,20	292,63
8,00	1,940	140,19	38,23	28,04	17,84	17,84	12,74	254,89	2,20	257,10
9,00	1,703	123,04	33,56	24,61	15,66	15,66	11,19	223,71	2,20	225,91
9,23	1,652	119,40	32,56	23,88	15,20	15,20	10,85	217,09	2,20	219,29
10,00	1,494	107,98	29,45	21,60	13,74	13,74	9,82	196,34	2,20	198,54
11,00	1,311	94,77	25,85	18,95	12,06	12,06	8,62	172,31	2,20	174,51
12,00	1,151	83,18	22,68	16,64	10,59	10,59	7,56	151,23	2,20	153,43
13,00	1,010	73,00	19,91	14,60	9,29	9,29	6,64	132,73	2,20	134,93
14,00	0,887	64,07	17,47	12,81	8,15	8,15	5,82	116,49	2,20	118,69
15,00	0,778	56,23	15,34	11,25	7,16	7,16	5,11	102,23	2,20	104,44
16,00	0,596	43,06	11,74	8,61	5,48	5,48	3,91	78,30	2,20	80,50
17,00	0,540	39,05	10,65	7,81	4,97	4,97	3,55	71,00	2,20	73,20
18,00	0,490	35,41	9,66	7,08	4,51	4,51	3,22	64,38	2,20	66,58
19,00	0,444	32,11	8,76	6,42	4,09	4,09	2,92	58,37	2,20	60,58
20,00	0,403	29,11	7,94	5,82	3,71	3,71	2,65	52,93	2,20	55,13
21,00	0,365	26,40	7,20	5,28	3,36	3,36	2,40	48,00	2,20	50,20
22,00	0,331	23,94	6,53	4,79	3,05	3,05	2,18	43,52	2,20	45,72
23,00	0,300	21,70	5,92	4,34	2,76	2,76	1,97	39,46	2,20	41,66
24,00	0,272	19,68	5,37	3,94	2,50	2,50	1,79	35,78	2,20	37,98

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

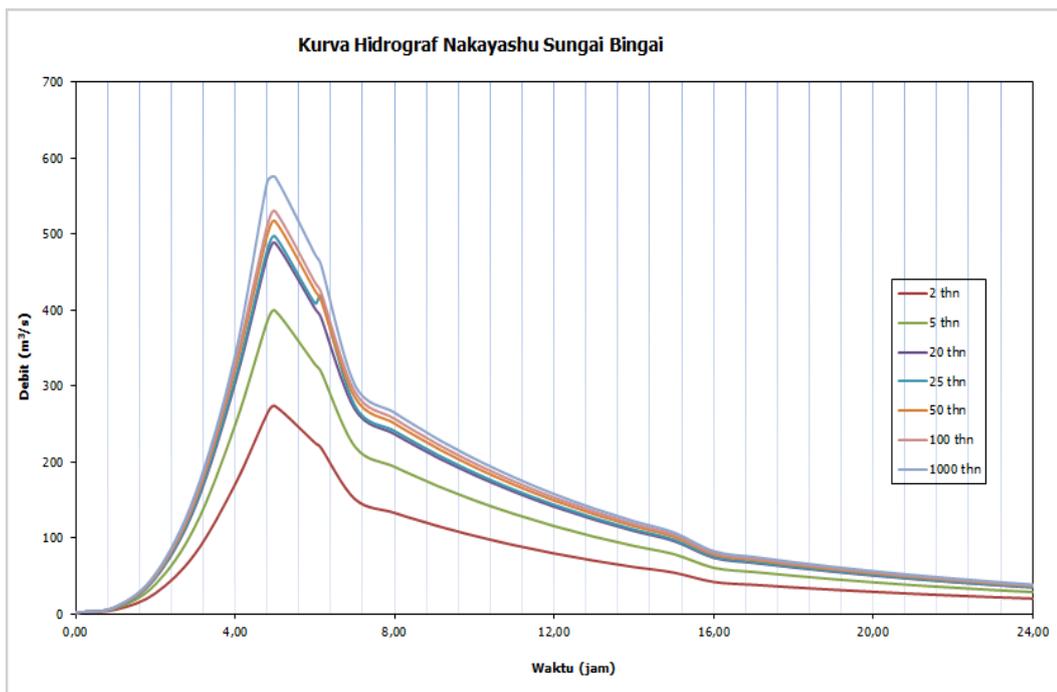
Tabel 4.14 Perhitungan Debit Banjir Periode Ulang 1000 Tahun ($Q_{1000\text{th}}$)

Hidrograf Nakayasu T = 1000 tahun

Debit Puncak (Q_p) = 4,40 m^3/dt
 Base flow (Q_b) = 2,20 m^3/dt

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)
		1	2	3	4	5	6			
		74,53	20,33	14,91	9,49	9,49	6,78			
0,00	0,000	0,00						0,00	2,20	2,20
1,00	0,102	7,60						7,60	2,20	9,80
2,00	0,538	40,11	10,94					51,05	2,20	53,25
3,00	1,424	106,13	28,95	21,23				156,31	2,20	158,51
4,00	2,841	211,69	57,73	42,34	26,94			338,71	2,20	340,91
4,80	4,400	327,92	89,43	65,58	41,73	41,73		566,40	2,20	568,60
5,00	4,231	315,33	86,00	63,07	40,13	40,13	28,67	573,33	2,20	575,53
6,00	3,479	259,27	70,71	51,85	33,00	33,00	23,57	471,39	2,20	473,59
6,15	3,378	251,76	68,66	50,35	32,04	32,04	22,89	457,75	2,20	459,95
7,00	2,210	164,73	44,93	32,95	20,97	20,97	14,98	299,51	2,20	301,71
8,00	1,940	144,58	39,43	28,92	18,40	18,40	13,14	262,87	2,20	265,07
9,00	1,703	126,89	34,61	25,38	16,15	16,15	11,54	230,70	2,20	232,90
9,23	1,652	123,13	33,58	24,63	15,67	15,67	11,19	223,88	2,20	226,08
10,00	1,494	111,36	30,37	22,27	14,17	14,17	10,12	202,48	2,20	204,68
11,00	1,311	97,74	26,66	19,55	12,44	12,44	8,89	177,70	2,20	179,90
12,00	1,151	85,78	23,39	17,16	10,92	10,92	7,80	155,96	2,20	158,16
13,00	1,010	75,28	20,53	15,06	9,58	9,58	6,84	136,88	2,20	139,08
14,00	0,887	66,07	18,02	13,21	8,41	8,41	6,01	120,13	2,20	122,33
15,00	0,778	57,99	15,81	11,60	7,38	7,38	5,27	105,43	2,20	107,63
16,00	0,596	44,41	12,11	8,88	5,65	5,65	4,04	80,75	2,20	82,95
17,00	0,540	40,27	10,98	8,05	5,13	5,13	3,66	73,22	2,20	75,42
18,00	0,490	36,51	9,96	7,30	4,65	4,65	3,32	66,39	2,20	68,59
19,00	0,444	33,11	9,03	6,62	4,21	4,21	3,01	60,20	2,20	62,40
20,00	0,403	30,02	8,19	6,00	3,82	3,82	2,73	54,59	2,20	56,79
21,00	0,365	27,22	7,42	5,44	3,46	3,46	2,47	49,50	2,20	51,70
22,00	0,331	24,68	6,73	4,94	3,14	3,14	2,24	44,88	2,20	47,08
23,00	0,300	22,38	6,10	4,48	2,85	2,85	2,03	40,70	2,20	42,90
24,00	0,272	20,30	5,54	4,06	2,58	2,58	1,85	36,90	2,20	39,10

Sumber : Hasil perhitungan, 2022



Gambar 4.3 Kurva Hidrograf Nakayashu Sungai Bingei

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir dengan Berbagai Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	QT (m³/det)
1000	575,53
100	530,35
50	517,25
25	497,06
20	488,53
10	453,37
5	399,44
2	273,77

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Dari hasil perhitungan tersebut diatas maka perhitungan dengan Metode Nakayasu yang menghasilkan debit yang dipakai dalam perencanaan yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Selanjutnya debit puncak banjir yang dipakai untuk menentukan elevasi banjir pada titik lokasi kajian adalah debit puncak banjir dengan beberapa periode ulang.

Tabel 4.16 Perhitungan Elevasi Banjir di lokasi kajian

QT	b	h coba-coba	elevasi muka air	i	k	m	A	P	R	V	dQ cek
576	32,00	4,112	38,889	0,00240	35	1	148,478	43,629	3,403	3,879	0,00
530	32,00	3,913	38,690	0,00240	35	1	140,513	43,067	3,263	3,772	0,00
497	32,00	3,765	38,400	0,00240	35	1	134,672	42,650	3,158	3,690	0,00
399	32,00	3,302	37,950	0,00240	35	1	116,582	41,341	2,820	3,422	0,00
274	32,00	2,637	37,370	0,00240	35	1	91,327	39,458	2,315	3,000	(0,00)

Sumber : Hasil perhitungan, 2022

Selanjutnya dengan perhitungan pada metode Trial dan Error didapatkan bahwa elevasi banjir pada lokasi yang ditinjau adalah

- Untuk $Q_{2 \text{ tahun}} = 274 \text{ m}^3/\text{det}$ didapat elevasi muka air = 37,370 m
- Untuk $Q_{5 \text{ tahun}} = 399 \text{ m}^3/\text{det}$ didapat elevasi muka air = 37,950 m
- Untuk $Q_{25 \text{ tahun}} = 497 \text{ m}^3/\text{det}$ didapat elevasi muka air = 38,400 m
- Untuk $Q_{100 \text{ tahun}} = 530 \text{ m}^3/\text{det}$ didapat elevasi muka air = 38,690 m

4.5 Analisa Panjang Air Balik (Back Water)

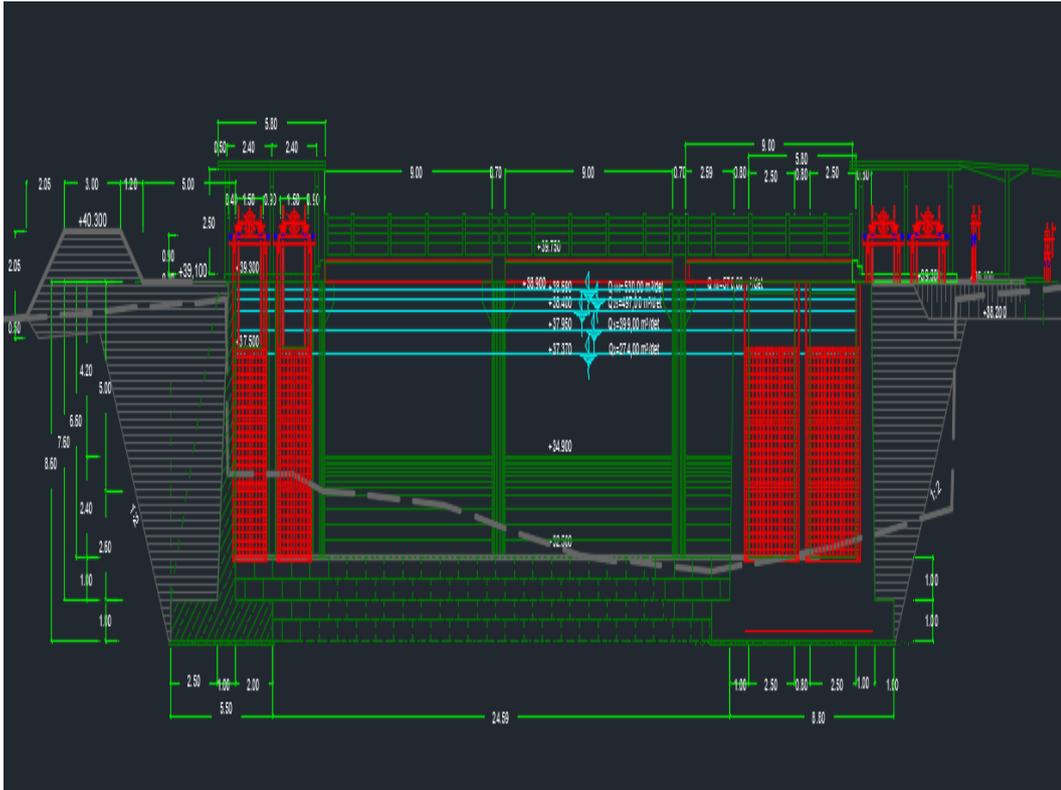
1. Elevasi dasar sungai = 31 m
2. Elevasi muka air sungai = 34 m
3. Elevasi muka air diatas mercu

- $Q_{2 \text{ tahun}} = 37,370 \text{ m}$
- $Q_{5 \text{ tahun}} = 37,950 \text{ m}$
- $Q_{25 \text{ tahun}} = 38,400 \text{ m}$
- $Q_{100 \text{ tahun}} = 38,690 \text{ m}$

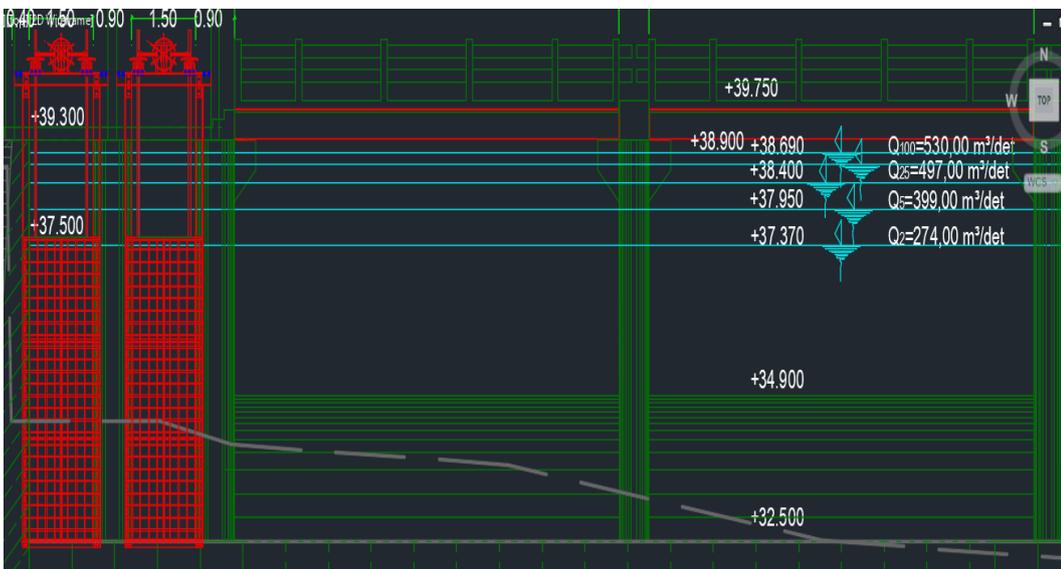
4. Rerata kemiringan dasar sungai (i) = 0,00240

Mencari L (Back Water) = $2 \times (\text{Elevasi muka air diatas mercu} - \text{Elevasi muka air sungai}) / \text{Rerata kemiringan dasar sungai (i)}$

- $L_{Q_{2\text{tahun}}} = 2 \times (37,370 - 34) / 0,00240 = 2808,3 \text{ m}$
- $L_{Q_{5\text{tahun}}} = 2 \times (37,950 - 34) / 0,00240 = 3291,6 \text{ m}$
- $L_{Q_{25\text{tahun}}} = 2 \times (38,400 - 34) / 0,00240 = 3666,6 \text{ m}$
- $L_{Q_{100\text{tahun}}} = 2 \times (38,690 - 34) / 0,00240 = 3908,3 \text{ m}$



Gambar 4.4 Profil Melintang Sungai Bingei Berdasarkan Perhitungan Debit Banjir



Gambar 4.5 Detail Tinggi Muka Air Berdasarkan Perhitungan Debit Banjir dengan beberapa periode Kala Ulang

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada metode nakayasu didapatkan bahwa debit banjir kala ulang pada lokasi yang ditinjau pada debit periode ulang 2 tahun yaitu sebesar $Q_{2 \text{ Tahun}} 274 \text{ m}^3/\text{det}$, pada debit periode ulang 5 tahun yaitu sebesar $Q_{5 \text{ Tahun}} 399 \text{ m}^3/\text{det}$, pada debit periode ulang 25 tahun yaitu sebesar $Q_{25 \text{ Tahun}} 497 \text{ m}^3/\text{det}$, dan pada debit periode ulang 100 tahun yaitu sebesar $Q_{100 \text{ Tahun}} 530 \text{ m}^3/\text{det}$.
2. Pada metode trial and Error didapatkan bahwa elevasi banjir pada lokasi yang ditinjau adalah : Pada $Q_{2 \text{ tahun}}$ elevasi muka air 37,370 m terjadi air balik (back water) 2808,3 m, Pada $Q_{5 \text{ tahun}}$ elevasi muka air 37,950m terjadi air balik (back water) 3291,6 m, Pada $Q_{25 \text{ tahun}}$ elevasi muka air 38,400 terjadi air balik (back water) 3666,6 m, Pada $Q_{100 \text{ tahun}}$ elevasi muka air 38,690 m terjadi air balik (back water) 3908,3 m.
3. Permasalahan banjir sungai bingei di bagian hulu bendung tirta sari bukan merupakan dampak dari adanya bendung tirta sari.

5.2 Saran

1. Diperlukan kajian lebih lanjut untuk dapat menyelesaikan Permasalahan banjir di sungai bingei.
2. Perubahan tata guna lahan pada bagian hulu bendung perlu dikendalikan agar tidak terjadi permasalahan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- CD. Soemarto. 1986. "*Hidrologi Teknik*". Erlangga. Jakarta Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 1986. "*Kriteria Perencanaan Bangunan Air Dan Irigasi (KP 01-KP 06)*". Jakarta
- Edy Sriyono, 2012 . *Penulusuran Banjir dan Kapasitas Pelimpah Situ Lebak wangi*, Bogor Jawa Barat. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Google Maps, 2021. "*Peta Lokasi Penelitian* ", <http://www.googlemaps.com>. diakses tanggal 20 Juni 2021.
- Gunawan, I. (2014) *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Harto, S. (1993) *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Istiarto. (2013) *Pengendalian Banjir Sungai*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Universitas Gajah Mada.
- Joesron Loebis, Ir, M. Eng, 1992, "*Banjir Rencana untuk Bangunan Air*". Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Joyce, M. W. dan Adidarma, W. (1982) *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Bandung: Penerbit Nova.
- Lutjito, M.T., Purwantoro, D., M.Eng dan Sudiyono, A.D. 2014 "*Kontrol Ketinggian Air Di Atas Mercu Bendung Kali Boyong Sebagai Peringatan Dini Ketinggian Limpasan Banjir Di Kali Code Yogyakarta*". Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Maulana, I., Lukita, S. A., Surhayanto, & Pranoto, S. (2017). *Perencanaan pengendalian banjir sungai tuntang di desa trimulyo kabupaten demak. Jurnal Karya Teknik Sipil, 6(December 2014) , 447–459.* <http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jkts>.
- Munfarid, Sisingih, D., & Priyantoro, D. (n.d.). *Studi penanggulangan banjir sungai serang welahan drainase (swd) 2 di kabupaten kudas dan jepara provinsi jawa tengah*.
- Mustofa, M.A. 2002. *Identifikasi Sifat Curah Hujan di Wilayah Jawa Barat. Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Vol. 2 No. 4, OktoberDesember 2001.Hal. 36-46.*
- Nurchahya, K. H. (2020). *Jurnal Konstruksi.CIREBON Jurnal Konstruksi, 7(2), 2085–8744.* <http://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/3773>
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Kontruksi. (2017), Modul pengelolaan banjir terpadu pelatihan pengendalian banjir 2017. Ejournal.Iba.Ac.Id.*
- Sangsongko. (1985) *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Sobriyah., dkk. 2014. *Analisis Hidrograf Aliran Daerah Aliran Sungai Keduang Dengan Beberapa Metode Hidrograf Satuan Sintetis*. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Surakarta.
- Sri Harto, BR. (1993). *Hidrologi Teori, masalah, penyelesaian*. Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Sutapa, I.W., dkk. 2005. *Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Rancangan DI Daerah Aliran Sungai Kodina*. *Majalah Ilmiah*, Universitas Tadulako, Palu.
- Subarkah, I. (1980) *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Penerbit Idea Dharma.
- Wikipedia,2022. “*Pengertian Bendung*”. <https://id.m.wikipedia.org/wiki/bendung> diakses tanggal 12 Mei 2022
- Yunianta, A. (2016). *Analisa Sistem Pengendalian Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS)APO Kota Jayapura Propinsi Papua*. *Ilmiah Teknik Dan Informatika*, 2(1), 1–7.

LAMPIRAN



Gambar L. 1 Gambar Sungai



Gambar L. 2 Aliran sungai di bendung



Gambar L. 3 Survei Lokasi Kajian



Gambar L.4 Survei Lokasi Kajian

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI	
Nama	Bramchan Naufal Rozi Sitepu
Tempat, Tanggal Lahir	Binjai, 28 Desember 1999
Jenis Kelamin	Laki-Laki
Agama	Islam
Alamat	Kelurahan Kwala Begumit, Kecamatan Binjai, Kabupaten Langkat
No.Hp	083869620770
Email	bramchan77@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN	
Nomor Pokok Mahasiswa	1707210120
Fakultas	Teknik
Program Studi	Teknik Sipil
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Tahun Kelulusan
1	SD Negeri 053970	2011
2	SMP Negeri 1 Binjai Kab. Langkat	2014
3	SMK Negeri 2 Binjai	2017
4	Melanjutkan Pendidikan Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2017 Sampai Selesai