

TUGAS AKHIR
EVALUASI DESAIN HIDROLIKA JEMBATAN SEI PUTIH
KECAMATAN MEDAN PETISAH KOTA MEDAN PADA JALUR
KERETA API MEDAN-BINJAI

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

Disusun Oleh:

YENNY LESTARI GIRSANK

2207210227P



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

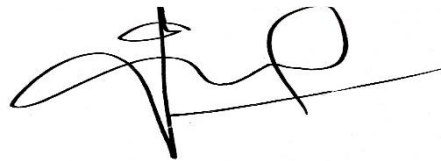
Nama : Yenny Lestari Girsank
NPM : 22072100227P
Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Ilmu : Transportasi
Judul Skripsi : Evaluasi Desain Hidrolika Jembatan Sei Putih Kecamatan Medan Petisah Kota Medan Pada Jalur Kereta Api Medan-Binjai.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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.

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian Skripsi:

Dosen Pembimbing



Sayed Iskandar Muda S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yenny Lesatri Girsank
NPM : 2207210227P
Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Ilmu : Transportasi
Judul Skripsi : Evaluasi Desain Hidrolika Jembatan Sei Putih Kecamatan Medan Petisah Kota Medan Pada Jalur Kereta Api Medan-Binjai.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, 26 Agustus 2024

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Sayed Iskandar Muda S.T., M.T.

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembanding II



Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yenny Lesati Girsank
Tempat/Tanggal Lahir : Banjarmasin/ 19 September 1989
NPM : 22072100227P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Evaluasi Desain Hidrolika Jembatan Sei Putih Kecamatan Medan Petisah Kota Medan Pada Jalur Kereta Api Medan-Binjai”.

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

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

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

Medan, 26 Agustus 2024

Saya yang menyatakan,

Yenny Lestari Girsank
NPM : 2207210227P

ABSTRAK

EVALUASI DESAIN HIDROLIKA JEMBATAN SEI PUTIH KECAMATAN MEDAN PETISAH KOTA MEDAN PADA JALUR KERETA API MEDAN BINJAI

Yenny Lestari Girsank

2207210227P

Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T.

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 Sminov Kolmogorov yang berguna untuk menentukan debit banjir. Di sungai putih ini sering terjadi hujan sehingga meningkatnya intensitas curah hujan pada daerah jembatan sei putih jalur Kereta Api Medan - Binjai. metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Sminov Kolmogorov. 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 dengan simpangan terkecil. Adapun panjang jembatan 7 meter, tinggi 3 meter dan Catchment Areanya seluas 444 Ha. Tujuan penelitian ini diantaranya untuk memenuhi debit banjir kala ulang 50 tahun pada jembatan sei putih jalur kereta api Medan - Binaji. Sehingga dapat diketahui debit banjir pada masa akan datang.

Kata Kunci : Sei Putih, Banjir, Curah hujan, Sminov Kolmogorov.

ABSTRACT

HYDRAULIC DESIGN EVALUATION OF THE WHITE RIVER BRIDGE IN MEDAN PETISAH DISTRICT, MEDAN CITY ON THE MEDAN BINJAI RAILWAY

Yenny Lestari Girsank
2207210227P

Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T.

Flooding is a natural disaster that occurs due to the overflow of water discharge from rivers due to the high intensity of rainfall in an area. This research uses the Sminov Kolmogorov method which is useful for determining flood discharge. It often rains on the White River, resulting in an increase in the intensity of rainfall in the Sei Putih bridge area on the Medan - Binjai railway line. The method used in this research is the Sminov Kolmogorov method. Maximum daily rainfall data can be obtained from BMKG Simpali. The maximum daily rainfall is calculated to obtain the planned rainfall which is calculated using the Normal, Log Normal, Pearson, Log Person Type-III and Gumbel Distribution Methods, so that the Log Pearson Type-III Distribution analysis with the smallest deviation is selected. The bridge is 7 meters long, 3 meters high and the Catchment Area is 444 Ha. The aim of this research is to meet the flood discharge at the 50 year return period on the Sei Putih bridge on the Medan - Binaji railway line. So that future flood discharge can be known.

Keywords: White River, Flood, Rainfall, Sminov Kolmogorov.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat 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 DESAIN HIDROLIKA JEMBATAN SEI PUTIH KECAMATAN MEDAN PETISAH KOTA MEDAN PADA JALUR KERETA API MEDAN-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 Munawar Alfansuri Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan sebagai dosen pembanding I.
4. Bapak Mhd. Husin Gultom, S.T., M.T., sebagai dosen pembanding II.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. 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.
7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Teristimewah kepada Kepada Orang Tua saya Almarhum Ayahanda NG. Tarigan dan ibunda Fariani Sembiring yang telah memberikan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan proposal ini.
9. Terkhusus untuk saudara Thariq Al Aziz yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis.
10. Kepada keluarga besar PT. Berkibar Nirwasita Karsa yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. 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, 26 Agustus 2024



Yenny Lestari Girsank

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Metode Pengumpulan Data	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Banjir	5
2.2.1 Kajian Pengendalian Banjir	8
2.3 Analisa Hidrologi	20
2.3.1 Siklus Hidrologi	20
2.3.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum	22
2.3.3 Waktu Konsentrasi (T_c)	23
2.3.4 Koefisien Limpasan (Runoff)	23
2.3.5 Luas Daerah Pengaliran	24
2.3.6 Analisa Debit Rencana	24
2.4 Analisa Hidrolika	25

2.4.1 Saluran Terbuka	31
2.4.2 Dimensi Saluran	32
2.4.3 Curah Hujan Regional	32
2.4.3.1 Pengisian Data Kosong	32
2.4.3.2 Analisis Curah Hujan Wilayah	34
2.4.3.3 Cara Tinggi Rata-rata	34
2.4.3.4 Cara Poligon Thiessen	34
2.4.3.5 Cara Isohyet	35
2.4.3.6 Analisis Curah Hujan Rencana	36
BAB 3 METODE PENELITIAN	59
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	59
3.2 Metode dan Tahapan Penelitian	59
3.3 Prosedur Penelitian	62
3.4 Alur Penelitian	63
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Analisa Data	65
4.1.1 Data Primer	65
4.1.2 Data Sekunder	66
4.2 Analisis Hidrologi	67
4.2.1 Pemilihan Stasiun Acuan	67
4.2.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan	68
4.2.3 Analisa Curah Hujan Kota Medan dan Kab. Deli Serdang	68
4.2.4 Uji Konsistensi Curah Hujan	72
4.2.5 Perhitungan Desain Hujan	73
4.3 Perhitungan Debit Banjir	82
4.4 Analisis Hidrolika	83
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	87

DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Proses terbentuknya hujan konvektif	12
Gambar 2.2: Proses terbentuknya hujan orografis	12
Gambar 2.3: Proses terbentuknya hujan karena pertemuan massa udara panas dan dingin	13
Gambar 2.4: Ilustrasi 1 milimeter curah hujan	15
Gambar 2.5: Alat ukur hujan ombrometer dan jenis Hellman	15
Gambar 2.6: Bagian – bagian sungai	18
Gambar 2.7: Siklus Hidrologi	20
Gambar 2.8: Penampang melintang sungai	30
Gambar 2.9: Poligon Thiesen	35
Gambar 2.10: Penggambaran Isohyet	36
Gambar 2.11: Profil Basah Berbentuk Lingkaran	44
Gambar 2.12: Profil Saluran Drainase Trapesium	46
Gambar 2.13: Profil Basah Berbentuk Segitiga	46
Gambar 2.14: Profil Basah Berbentuk Segiempat	47
Gambar 2.15: Penampang Profil Basah Majemuk	50
Gambar 2.16: Saluran Ekonomis Berbentuk Trapesium	52
Gambar 2.17: Saluran Ekonomis Berbentuk Segiempat	52
Gambar 2.18: Saluran Ekonomis Bentuk 1/2 Lingkaran	53
Gambar 2.19: Saluran Ekonomis Bentuk Segitiga	53
Gambar 2.20: Profil melintang saluran ganda	58
Gambar 3.1: Peta Lokasi Penelitian, sumber : Google Earth	59
Gambar 3.2: Peta Administrasi Medan, Deli Serdang, dan Kota Binjai	59
Gambar 3.3: Peta Jaringan Jalan Sepanjang Jalur KA Medan-Binjai	60
Gambar 3.4: Peta Jaringan Sungai Sepanjang Jalur KA Medan-Binjai	61
Gambar 3.5: Bagan alur penelitian	63
Gambar 4.1: Peta Pola Aliran dan Catchment Area Seluas 444 Ha	65
Gambar 4.2: Garfik Curah Hujan Kota Medan dan Kab. Deli Serdang	69
Gambar 4.3: Peta Wilayah Setiap Stasiun	70

Gambar 4.4: Grafik Perhitungan Rerata Curah Hujan Dengan Metode Thiessen	72
Gambar 4.5: Garfik Uji Konsistensi Setiap Stasiun	73
Gambar 4.6: Grafik Hasil Perhitungan Rmax	74
Gambar 4.7: Grafik Intensitas CH	77
Gambar 4.8: Grafik Nilai Probabilitas Dengan Metode Sminov Kolmogorov	81
Gambar 4.9: Ilustrasi Jembatan Sebelumnya	85
Gambar 4.10: Ilustrasi Jembatan Yang Direkomendasi	85
Gambar 4.11: Detai Jembatan Yang Direkomendasi	86
Gambar L.1: Grafik Nilai Probabilitas Dengan Metode Sminov Kolmogorov	92
Gambar L.2: Ilustrasi Jembatan Sebelumnya	92
Gambar L.3: Ilustrasi Jembatan Yang Direkomendasi	91
Gambar L.4: Detai Jembatan Yang Direkomendasi	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Nilai koefisien kekasaran saluran Manning (n)	27
Tabel 2.2: Karakteristik saluran	28
Tabel 2.3: Tinggi jagaan sungai	30
Tabel 2.4: Nilai Koefisien Limpasan	42
Tabel 2.5: Koefisien Kekasaran Bazin	48
Tabel 2.6: Koefisien kekasaran Manning, n	49
Tabel 2.7: Penampang melintang ekonomis untuk saluran Trapesium, Segitiga Segiempat, dan Setengah Lingkaran	54
Tabel 2.8: Jenis saluran terbuka	55
Tabel 2.9: Kecepatan Maksimum yang diizinkan Atas Rekomendasi Fortie dan Scoby untuk Straight Channels of Small Slope and After Aging	57
Tabel 3.1: Uraian dan penjelasan sistematika penelitian	64
Tabel 4.1: Data Curah Hujan Harian Maksimum, Tuntungan	66
Tabel 4.2: Data Curah Hujan Harian Maksimum, Sampali	66
Tabel 4.3: Data Curah Hujan Harian Maksimum, Helvetia	67
Tabel 4.4: Data Curah Hujan Harian Maksimum, Helvetia	67
Tabel 4.5: Tinggi dan Durasi Curah Hujan	70
Tabel 4.6: Luas Daerah Setiap Stasiun Curah Hujan	71
Tabel 4.7: Rerata Curah Hujan Dengan Metode Thiessen	71
Tabel 4.8: Uji Konsistensi Setiap Stasiun	72
Tabel 4.9: Nilai R_{max} dan $\log X_{max}$	73
Tabel 4.10: Nilai X_r , S , C_v , C_s , C_k , dan $\log S$	75
Tabel 4.11: X_t Kala Ulang 50 tahun	75
Tabel 4.12: Syarat Distribusi Normal, Gumbel dan Log Person III	75
Tabel 4.13: Intensitas Hujan Kala Ulang 50 Tahun	76
Tabel 4.14: Nilai X dan Probabilitas	77
Tabel 4.15: Nilai Chi Kuadrat χ^2	78
Tabel 4.16: Kontrol χ^2	79

Tabel 4.17: Perhitungan X dan Prob	79
Tabel 4.18: Uji probabilitas	80
Tabel 4.19: Hasil Uji Smirnov Kolmogorov	81

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
n	= Kemiringan dinding saluran
O _i	= 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_{logX} = 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_{03} = Waktu penurunan dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak
 V = Kecepatan Aliran (m/dtk)
 W = Tinggi jagaan sungai (m)
 \bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan X (mm)
 X^2 = Parameter Chi-Kuadrat yang dihitung
 X^{2cr} = Nilai Kritis Chi-Kuadrat
 X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)
 Y_n = Reduced mean sebagai fungsi dari banyak data N
 Y_t = Reduced variate sebagai fungsi dari periode ulang T

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan kota dan perkembangan industri menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga mengakibatkan banyak kawasan-kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat penampung air sementara (*retarding pond*) dan bantaran sungai berubah menjadi hunian penduduk. Hal tersebut membawa dampak pada rendahnya kemampuan drainase pada jalur kereta api dan kapasitas sarana serta prasarana pengendali banjir (sungai, kolam tampungan, pompa banjir pintu pengatur) untuk mengeringkan Kawasan terbangun dan mengalirkan air menuju pembuangan yang akhirnya ke laut. Salah satu permasalahan yang sering terjadi di Kota Medan adalah masalah banjir, tidak terkecuali pada jalur kereta api Medan-Binjai di Sei Putih yang masalah terbesarnya adalah banjir yang sering terjadi hujan yang intensitasnya besar, sehingga kapasitas dari saluran tidak mampu menampung limpahan air hujan sehingga terjadinya genangan atau banjir.

Banjir melanda Kota Medan, Sumatera Utara, Minggu (27/2/2022) malam hingga Senin (28/2/2022), banjir itu masih menggenangi rumah warga. Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Medan, Muhammad Husni, mengatakan, banjir itu akibat luapan sungai yang membelah Kota Medan (Kompas.com).

Wali Kota Medan, Bobby Nasution meninjau lokasi banjir di Jalan Tinta, kelurahan Sei Putih Barat, Kecamatan Medan Petisah dan Jalan Dr Mansyur, Kelurahan Selayang I, Kecamatan Medan Selayang, Kamis (18/8). Banjir terjadi akibat intensitas hujan yang terjadi mulai sejak Rabu malam hingga Kamis dini hari menyebabkan Sungai Sei Sikambing dan Sungai Selayang meluap sehingga menggenangi jalan dan rumah warga. Selain ingin melihat kondisi warga yang menjadi korban banjir, peninjauan yang dilakukan juga untuk mencari akar masalah pemicu terjadinya banjir sekaligus solusi mengatasinya. Dandim 0201/Medan, Kol

Inf. Ferry Muzawwad, SIP MS, Kadis Pekerjaan Umum (PU) Kota Medan, Topan Ginting, Bobby Nasution juga didampingi Syaiful Halim dan Novita dari Balai Wilayah Sungai Sumatera (BWSS) II turut mendampingi dalam peninjauan tersebut.

Di kawasan Jalan Tinta, pemicu terjadinya banjir akibat jebolnya benteng sungai di dua titik sehingga dengan cepat menggenangi jalan dan rumah warga dengan ketinggian air sebetis hingga sepinggang orang dewasa mulai pukul 02.00 WIB. “Kawasan tempat tinggal kami ini rentan terjadinya banjir, tapi banjir kali ini cukup besar akibat benteng jebol di dua titik,” ungkap salah seorang ibu kepada Bobby Nasution. Oleh karenanya warga pun berharap agar orang nomor satu di Pemko Medan itu dapat mengatasi banjir tersebut. Selain mengganggu aktifitas, mereka mengeluhkan karena banjir juga menyebabkan perabotan rumah tangga berusakan.

Dikatakan Bobby, Pemko Medan fokus penanganan drainase dan sungai karena kedua itu kuncinya. Dikatakannya, drainase terkait dengan banjir yang terjadi di perkotaan karena tingginya intensitas hujan. Sedangkan sungai, imbuhnya, terkait banjir yang terjadi akibat meluapnya sungai. “Jadi penanganan keduanya (drainase dan sungai) harus kita jalankan, tidak boleh salah satu,” jelasnya seraya terus berjalan kaki melihat kondisi rumah warga yang kebanjiran hingga ke Jalan Danau Singkarak. Setelah itu Bobby Nasution melanjutkan peninjauan ke Jalan Dr Mansyur yang masih digenangi air. Membantu warga maupun pelajar melintasi kawasan tersebut, mobil truk Satpol PP dikerahkan untuk mengangkut. Tiba di lokasi, Bobby langsung menerobos banjir dengan berjalan kaki untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir. Kehadirannya langsung mendapat apresiasi masyarakat, sebab cepat turun ke lokasi untuk melihat banjir yang terjadi (Prokopim Pemko Medan).

Sehubungan hal di atas, maka penulis membuat penelitian mengenai kondisi jembatan Sei Putih pada jalur kereta api jalur Medan-Binjai, untuk di lakukan evaluasi secara hidrologi dan hidrolika untuk mendapatkan keterkaitan antar peristiwa banjir di kota medan di karenakan pembangunan jembatan kereta api sudah lebih dari 20 tahun yang lalu (Dibangun pada tahun 1996).

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Apakah penampang hidrolis Sei Putih pada risk jembatan kereta api jalur Medan-Binjai masih mampu menampung debit banjir saat ini dan untuk waktu kala ulang 50 tahun yang akan datang?
2. Menghitung Q existing terhadap Q_{50} apakah lebih besar atau lebih kecil sehingga dapat mengetahui jembatan sei putih perlu dilakukan perbaikan atau tidak.
3. Mencari solusi apa yang harus dilakukan terhadap jembatan tersebut untuk mengurangi resiko banjir di kota medan terutama dalam perencanaan waktu kala ulang 50 tahun.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah

1. Mengetahui penampang hidrolis yang ideal untuk profil banjir Sei Putih saat ini dan 50 tahun yang akan datang.
2. Untuk mengetahui penyebab perubahan profil banjir di Sei Putih.
3. Untuk mendapatkan solusi yang dapat di laksanakan oleh pemerintah maupu pihak PT. Kereta Api agar desain hidrolis jembatan Sei Putih mampu menjawab tantangan pada saat ini dan memenuhi debit banjir kala ulang 50 tahun.

1.4 Manfaat Penelitian

Memeberi manfaat bagi para pengambil keputusan di pemerintahan ataupun pihak PT. Kerta Api dan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjanah.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam menyusun tugas akhir ini dilakukan beberapa cara untuk mengumpulkan data, antara lain dengan melakukan survei inventarisasi langsung di lapangan serta pengumpulan data dari berbagai pihak yang dapat mendukung tugas akhir ini terselesaikan dengan baik.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, metode pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Rujukan dari sejumlah buku mencakup teori-teori drainase dan tinggi muka air banir, analisis hidrologi yang meliputi analisis curah hujan, metode perhitungan debit banjir rencana, analisis hidrolika yang meliputi analisis dimensi penampang drainase.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menyajikan metode pelaksanaan penelitian dari dimulainya penelitian, survei lapangan, pengolahan data, hingga kesimpulan dan saran. Beberapa cara yang dilakukan antara lain:

1. Data Primer

Data primer dilakukan dengan cara pengukuran penampang sungai pada bagian hilir jembatan, pada jembatan itu sendiri, dan pada hulu jembatan itu sendiri. Pengukuran dilakukan berupa pengukuran fotografi dan pengukuran percepatan aliran.

2. Data Sekunder

Data Sekunder yang diperlukan dalam menganalisis dimensi penampang drainase pada jembatan diperoleh daripada meteorologi klimatologi dan geofisika berupa data curah hujan harian maksimum untuk 10 tahun ke depan dimulai dari tahun 2012 sampai tahun 2021. Data perubahan tata guna lahan dari *google Aert*.

BAB 4 ANALISIS DATA

Pembahas penampang sungai pada jembatan sei putih. Menghitung koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan 20 tahun yang lalu dan saat ini, Menghitung curah hujan berdasarkan data curah hujan selama 10 tahun dengan menggunakan analisis frekuensi curah hujan, perhitungan debit banjir rencana serta menganalisis kapasitas penampang sungai.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari analisis perhitungan dari data yang diperoleh serta saran yang berisikan upaya untuk mengoptimalkan fungsi sungai.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Diurutkan dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Di sepanjang sistem drainase sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan ait (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando, dan stasiun pompa. Pada sistem yang lengkap, sebelum masuk ke badan air penerima, air diolah dahulu di instalasi pengolah air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Hanya air yang telah memenuhi baku mutu tertentu yang dimasukkan ke bak air penerima, sehingga tidak merusak lingkungan (Suripin, 2004).

Kegunaan dengan adanya saluran drainase ini antara lain (Suripin, 2004):

1. Mengeringkan genangan air sehingga tidak ada akumulasi air tanah.
2. Menurunkan permukaan air tanah pada tingkat yang ideal.
3. Mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan dan bangunan yang ada.
4. Mengendalikan air hujan yang berlebihan sehingga tidak terjadi bencana banjir.

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, 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 alam yang dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat pula menimbulkan korban jiwa. Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran. Banjir di bagian hulu biasanya arus banjirnya deras, daya gerusnya besar, tetapi durasinya pendek. Sedangkan di bagian hilir arusnya tidak deras (karena landai), tetapi durasi banjirnya panjang. 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:

1. 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.

2. 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.

3. 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. Hal ini sangat lah berdampak mengingat lebar sungai menyempit.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

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

2.2.1 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, 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 pemuaiian 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* (Habib, 2013).

Rob merupakan fenomena gelombang air laut pasang naik, akibat dari pengaruh gaya tarik antara matahari dan bulan serta bumi terhadap muka 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.

1. Hujan dan Curah hujan

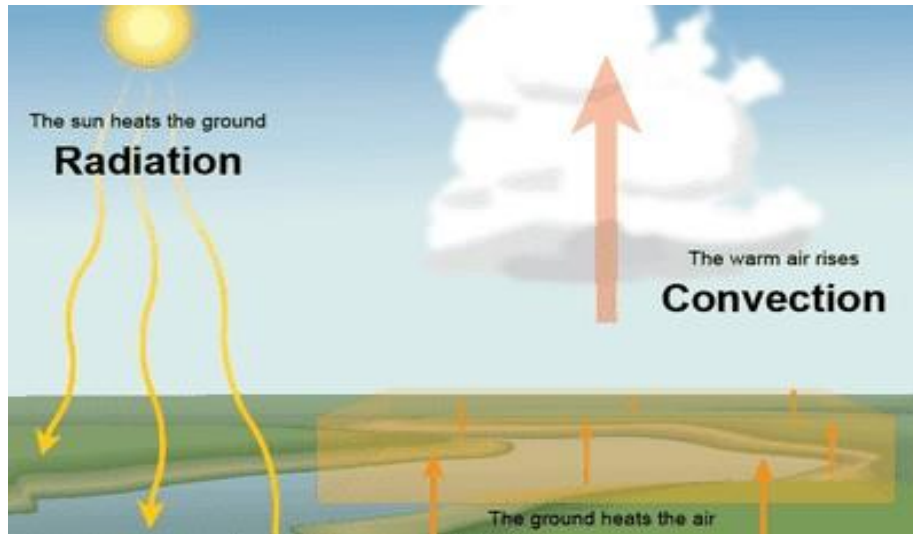
Definisi Hujan adalah hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari alam yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, sehingga bentuk dan jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur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

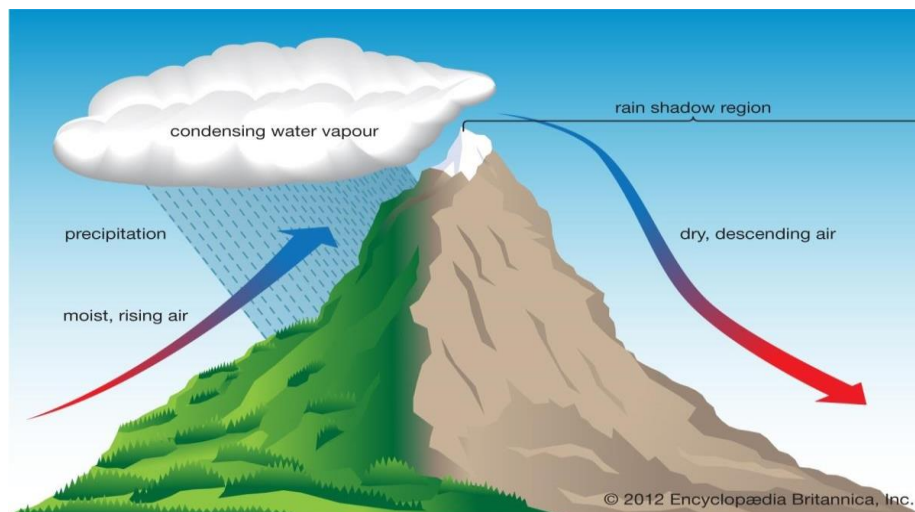
Hujan ini merupakan hujan yang paling umum yang terjadi di daerah dengan ciri iklim tropis. Panas menyebabkan udara naik ke atas kemudian mengembang dan secara dinamika menjadi dingin kemudian berkondensasi yang selanjutnya akan jatuh sebagai hujan. Proses ini khas untuk terjadinya badai guntur yang terjadi di siang hari yang menghasilkan hujan lebat pada daerah yang sempit. Badai guntur lebih sering terjadi di lautan dari pada di daratan. Peristiwa tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Proses terbentuknya hujan konvektif (Wayne, 2018).

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 2.2: Proses terbentuknya hujan orografis (Nandang, 2006).

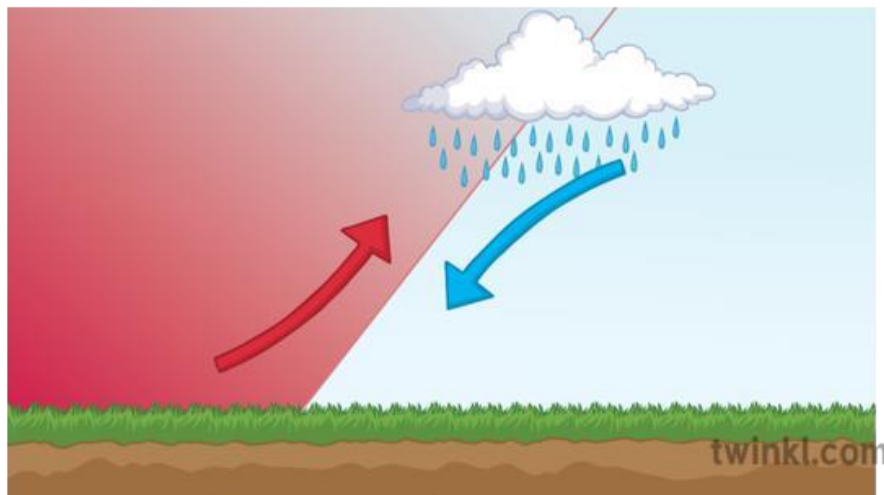
Hujan yang terjadi di daerah pegunungan. Naiknya udara yang mengandung uap air ini ke atas akan menyebabkan terjadinya penurunan suhu di atas gunung dan

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.

c) 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 2.3: Terbentuknya hujan karena pertemuan massa udara panas dan dingin (Nandang, 2006).

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 $> 10^\circ$ 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:

$$h = V/A \quad (2.1)$$

dimana:

h = tinggi air hujan (mm)

V = volume air hujan (mm³)

A = luas alas penampung (mm²)

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.

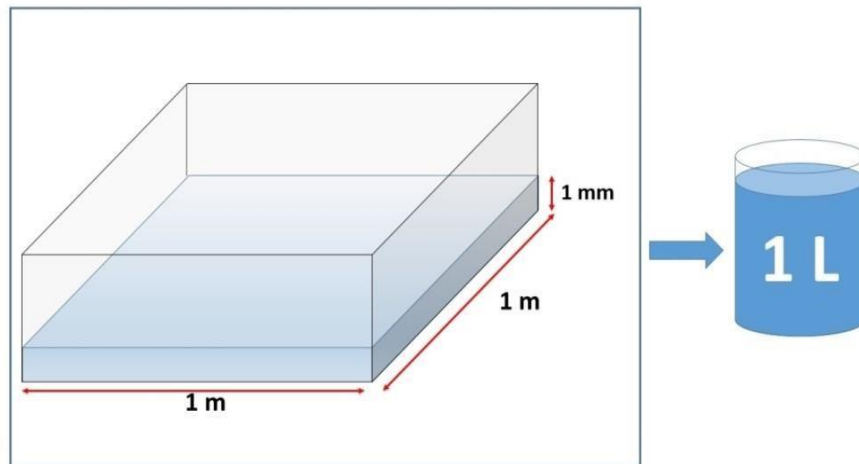
Perhitungannya sebagai berikut:

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

= 0,001 m x 1 m²

= 0,001 m³

= 1 liter



Gambar 2.4: Ilustrasi 1 milimeter curah hujan (Climate, 2015).

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 2.5: Alat ukur hujan ombrometer dan jenis Hellman (BMKG, 2018).

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 dilakukan.

2. 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:

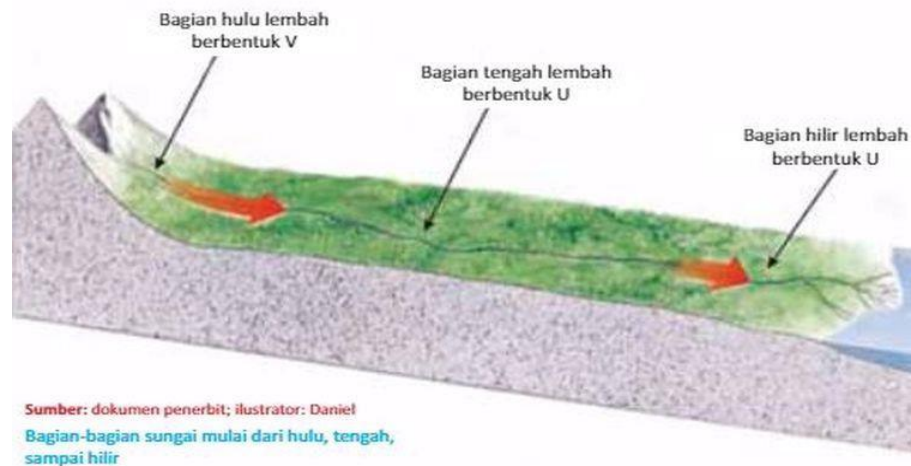
1. Sungai hujan, merupakan sungai yang berasal dari air hujan.
2. Sungai gletser, merupakan sungai yang berasal dari mencairnya es, air, dan pencairan es.

b). Berdasarkan debit air (Syarifuddin, 2000):

1. Sungai permanen, merupakan sungai yang debit airnya tetap sepanjang tahun.

2. Sungai periodik, merupakan sungai yang banyak airnya ketika hujan dan sedikit airnya di musim kemarau.
 3. Sungai episodik, merupakan sungai yang banyak airnya ketika hujan dan kering di musim kemarau.
 4. Sungai ephemeral, merupakan sungai yang hanya berair pada musim hujan.
- c). Berdasarkan asal kejadian:
1. Sungai konsekuen, merupakan sungai yang aliran airnya mengikuti lereng.
 2. Sungai subsekuen, merupakan sungai yang aliran airnya mengikuti bebatuan.
 3. Sungai obsekuen, merupakan sungai yang arah alirannya berlawanan dengan arah lereng.
 4. Sungai resekuen, merupakan sungai yang arah alirannya mengikuti kemiringan lapisan batuan dan bermuara di sungai sebakuen.
 5. Sungai insekuen, merupakan sungai yang mengalir tanpa mengikuti struktur bebatuan.
- d). Berdasarkan struktur geologi:
1. Sungai antesden, merupakan sungai yang arah alirannya tetap meskipun ada struktur bebatuan yang melintang.
 2. Sungai superposed, merupakan sungai yang arahnya melintang dan prosesnya dibimbing lapisan batu-batuan yang menutupi.
- e). Berdasarkan pola alirannya:
1. Radial sentrifugal, merupakan aliran menyebar meninggalkan pusatnya.
 2. Radial sentripetal, merupakan aliran mengumpul menuju ke arah pusat.
 3. Dendritik, merupakan pola aliran yang tidak teratur. biasanya terdapat di daerah dataran atau daerah pantai.
 4. Trellis, merupakan pola aliran yang menyirip. Sungai semacam ini terdapat di daerah pegunungan lipatan.
 5. Rektangular, merupakan pola aliran yang membentuk sudut siku-siku atau hampir siku-siku.
 6. Anular, merupakan pola aliran sungai yang membentuk lingkaran.

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



Gambar 2.6: Bagian-bagian sungai (Daniel, 2008).

a. Bagian Hulu.

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

b. Bagian Tengah.

Di bagian tengah, kekuatan arus mulai berkurang karena kecuraman lereng mulai berkurang pula. Badan sungai mulai melebar dan berkelok sehingga arus juga melambat. Karena geseran air membuat bagian tengah mengalami perubahan aliran yang menyebabkan sungai bagian tengah berkelok-kelok. Hal ini berpengaruh terhadap kecepatan aliran air sungai yang membuat aliran bagian tengah melebar dan membesar.

c. Bagian Hilir.

Di bagian hilir, kekuatan arus sudah sangat pelan. Badan sungai juga semakin lebar dibandingkan bagian-bagian sungai yang lainnya. Aliran sungai juga lemah dan membuat bentuk sungai berbentuk berkelok-kelok.

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

1) 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.

2) 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.

3) Tempat Hidup Suatu Ekosistem.

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

4) 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.

5) 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. Karena mempunyai kecepatan yang stabil, membuat generator pembangkit listrik berfungsi dengan baik.

6) 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.

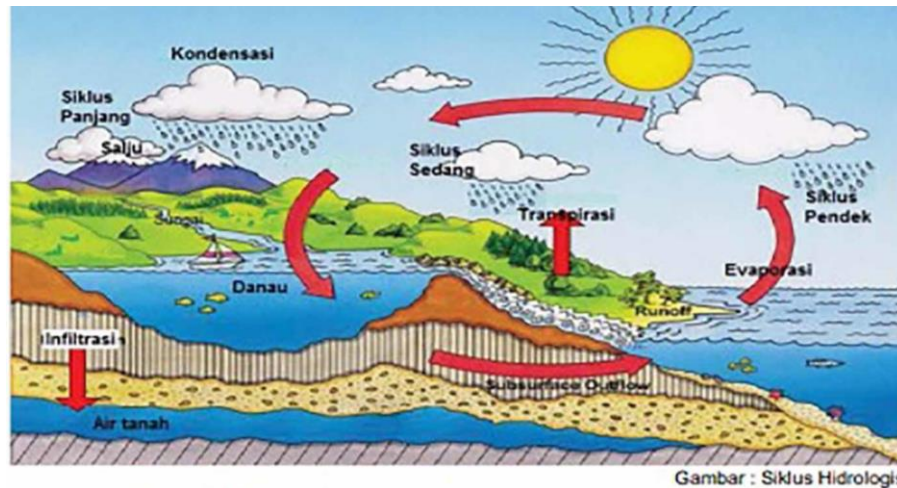
7) Pemenuhan Kebutuhan Air Sehari-hari.

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

2.3 Analisa Hidrologi

Analisis Hidrologi merupakan bidang yang sangat rumit dan kompleks. Hal ini disebabkan oleh ketidakpastian dalam hidrologi, keterbatasan teori, dan rekaman data, dan keterbatasan ekonomi. Hujan adalah kejadian yang tidak dapat diprediksi. Artinya, kita tidak dapat memprediksi secara pasti seberapa besar hujan yang akan terjadi pada suatu periode waktu (Suripin, 2003).

2.3.1 Siklus Hidrologi



Gambar 2.7: Siklus hidrologi (Hisbulloh, 2014).

Siklus hidrologi dimulai dengan penguapan air dari laut. Uap yang dihasilkan dibawa oleh udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap air tersebut terkondensasi membentuk awan, dan pada akhirnya dapat menghasilkan presipitasi. Presipitasi yang jatuh ke bumi menyebar dengan arah yang berbeda-

beda dalam beberapa cara. Sebagian besar dari presipitasi tersebut untuk sementara tertahan pada tanah di dekat tempat ia jatuh, dan akhirnya dikembalikan lagi ke atmosfer oleh penguapan (evaporasi) dan pemeluhan (transpirasi) oleh tanaman (Hisbulloh, 2014).

Sebagian air mencari jalannya sendiri melalui permukaan dan bagian atas tanah menuju sungai, sementara lainnya menembus masuk lebih jauh ke dalam tanah menjadi bagian dari air-tanah (*groundwater*). Dibawah pengaruh gaya gravitasi, baik aliran air-permukaan (*surface streamflow*) maupun air dalam tanah bergerak menuju tempat yang lebih rendah yang akhirnya dapat mengalir ke laut. Namun, sebagian besar air permukaan dan air bawah tanah dikembalikan ke atmosfer oleh penguapan dan pemeluhan (transpirasi) sebelum sampai ke laut (JR dan Paulhus, 1986).

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 bolume 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).

2.3.2 Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (*ekstrim*), seperti hujan lebat, banjir, dan kekeringan. Tujuan Analisis Frekuensi Curah Hujan adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Analisis Frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan, baik yang manual maupun yang otomatis. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sedangkan, kala ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui.

Untuk analisis diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakaran hujan, baik secara manual maupun otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan dimasa lalu.

Dalam pembangunan sumberdaya air, estimasi bolume 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).

Salah satu distribusi dari serangkain 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. Simpangan baku
3. Koefisien kemencengan
4. Distribusi *Gumbel*

Distribusi *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.

2.3.3 Waktu Konsentrasi (T_c)

Waktu Konsentrasi untuk saluran air hujan daerah perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan oleh limpasan untuk mengalir di permukaan tanah untuk mencapai saluran terdekat (t_0) dan waktu pengaliran dalam saluran ke titik yang dimaksud.

2.3.4 Koefisien Limpasan (*Runoff*)

Dalam perencanaan drainase, bagian air hujan yang menjadi perhatian adalah aliran permukaan (*surface runoff*), sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan, tetapi limpasan (*runoff*). Limpasan adalah gabungan anatar aliran permukaan, aliran-aliran yang tertunda pada cekungan- cekungan, dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*).

Aliran pada saluran atau sungai tergantung dari berbagai dari berbagai faktor secara bersamaan. Faktor - faktor yang berpengaruh limpasan aliran pada saluran atau sungai tergantung dari berbagai macam faktor secara bersamaan. Faktor yang berpengaruh secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Faktor meteorologi yaitu karakteristik hujan seperti intensitas hujan, durasi hujan dan distribusi hujan.
2. Karakteristik DAS meliputi luas dan bentuk DAS, topografi dan tata guna lahan.

Ketetapan dalam menentukan besarnya debit air sangatlah penting dalam penentuan dimensi saluran. Disamping penentuan luas daerah pelayanan drainase dan curah hujan rencana, juga dibutuhkan besaran harga koefisien pengaliran (C). Pengambilan harga C harus disesuaikan dengan rencana perubahan tata guna lahan yang terjadi pada waktu yang akan datang.

2.3.5 Luas Daerah Pengaliran

Batas-batas daerah pengaliran ditetapkan berdasarkan peta topografi, pada umumnya dalam skala 1 : 50.000 – 1 : 25.000. Jika luas daerah pengaliran relatif kecil diperlukan peta dalam skala yang lebih besar. Dalam praktek sehari-hari, sering terjadi tidak tersedia peta topography ataupun peta pengukuran lainnya yang memadai sehingga menetapkan batas daerah pengaliran merupakan suatu pekerjaan yang sulit. Jika tidak memungkinkan memperoleh peta topography yang memadai, asumsi berikut dapat dipakai sebagai bahan pembandingan.

2.3.6 Analisa Debit Rencana

Debit rencana adalah debit maksimum yang akan dialirkan oleh saluran drainase untuk mencegah terjadinya genangan. Untuk drainase perkotaan dan jalan raya, sebagai debit rencana debit banjir maksimum periode ulang 5 tahun, yang mempunyai makna kemungkinan banjir maksimum tersebut disamai atau dilampaui 1 kali dalam 5 tahun atau 2 kali dalam 10 tahun atau 20 kali dalam 100 tahun.

Penetapan debit banjir maksimum periode 5 tahun ini berdasarkan pertimbangan:

1. Resiko akibat genangan yang ditimbulkan oleh hujan relatif kecil dibandingkan dengan banjir yang ditimbulkan meluapnya sebuah sungai.
2. Luas lahan diperkotaan relatif terbatas apabila ingin direncanakan saluran yang melayani debit banjir maksimum periode ulang lebih besar dari 5 tahun.
3. Daerah perkotaan mengalami perubahan dalam periode tertentu sehingga mengakibatkan perubahan pada saluran drainase.

Perencanaan debit rencana untuk drainase perkotaan dan jalan raya dihadapi dengan persoalan tidak tersedianya data aliran. Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara air hujan dengan limpasannya (Metode Rasional).

Luas daerah pengeringan pada umumnya di wilayah perkotaan terdiri dari beberapa daerah yang mempunyai karakteristik permukaan tanah yang berbeda (sub area) sehingga koefisien pengaliran untuk masing-masing sub area nilainya berbeda dan untuk menentukan koefisien pengaliran pada wilayah tersebut dilakukan

penggabungan masing-masing sub area. Untuk penentuan koefisien limpasan harus dipilih dari pengetahuan akan daerah yang ditinjau terhadap pengalaman, dan harus dipilih dengan jenis pembangunan yang ditetapkan oleh rencana kota. Daerah yang memiliki cekungan untuk menampung air hujan relatif mengalirkan lebih sedikit air hujan dibandingkan dengan daerah yang tidak memiliki cekungan sama sekali.

2.4 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik seperti drainase, tanggul, tembok penahan, jembatan dan lain-lain. Analisis hidrologi digunakan untuk mengetahui debit rencana drainase.

Zat cair dapat diangkut dari suatu tempat ke tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah ataupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (*closed conduits*), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (*open channels*). Sungai, saluran irigasi, selokan merupakan saluran terbuka, sedangkan terowongan, pipa, aquaduct, gorong-gorong merupakan saluran tertutup (Suripin, 2004).

Analisa Hidrolika bertujuan untuk menentukan acuan yang digunakan dalam menentukan dimensi hidrolis dari saluran drainase maupun bangunan pelengkap lainnya dimana aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka maupun saluran tertutup. 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:

$$Q_s \geq Q_T \quad (2.2)$$

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

$$Q_s = A_s \cdot V \quad (2.3)$$

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:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2.4)$$

$$R = A_s / P \quad (2.5)$$

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
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:

$$Q = V \cdot A \quad (2.6)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{1/2} \quad (2.7)$$

$$\frac{Qn}{I^{1/2}} = A \cdot R^{1/3} \quad (2.8)$$

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 $A \cdot R^{2/3}$ (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:

- 1) Alur sungai mampu melewati debit banjir rencana.
- 2) Dasar sungai perlu juga dipertimbangkan terhadap bahaya gerusan.

Beberapa hal juga harus diperhatikan karakteristik saluran seperti Tabel 2.2 agar perencanaan penampang sungai dapat dilakukan. Penggunaan rumus diatas merupakan salah satu penggunaannya yang tepat. Sehingga kita dapat menghitungnya. Sebagai contoh dapat dilihat dari Gambar 2.8.

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

Tabel 2.2: *Lanjutan.*

Debit (m ³ /det)	Kemiringan Talud (1:m)	Perbandingan b/h (n)
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

Dari tabel di atas, dapat dikaitkan untuk menggunakan rumus di bawah ini.

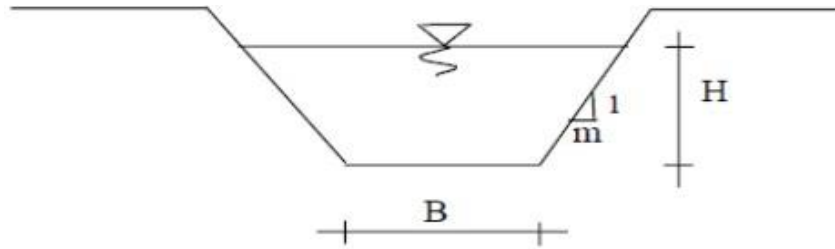
Rumus yang digunakan:

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

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

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

$$A = H (B + m H) \tag{2.8}$$



Gambar 2.8: Penampang melintang sungai.

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:

$$W = \sqrt{0,5 h} \quad (2.9)$$

Dimana:

W = Tinggi jagaan (m)

h = Tinggi muka air (m)

2.4.1 Saluran Terbuka

Pada saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas, permukaan bebas ini dapat dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Kekentalan dan gravitasi mempengaruhi sifat aliran pada saluran terbuka. Saluran terbuka umumnya digunakan pada daerah yang melintang.

- a. Lahan yang masih memungkinkan (luas).
- b. Lalu lintas pejalan kakinya relative jarang.
- c. Beban di kiri dan kanan saluran relatif ringan.

1. Debit aliran bila menggunakan rumus *Manning*.

Kondisi debit aliran berfluktuasi sehingga perlu memperhatikan kecepatan aliran. Diupayakan agar pada saat debit pembuangan kecil masih dapat mengangkat sedimen, dan pada keadaan debit besar terhindar dari bahaya erosi.

2. Penampang Saluran.

Penampang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran dan kemiringan dasar tertentu. Berdasarkan persamaan kontinuitas, tampak jelas bahwa untuk luas penampang melintang tetap, debit maksimum dicapai jika kecepatan aliran maksimum. Dari rumus Manning maupun *Chezy* dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dasar dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidraulik R maksimum.

Selanjutnya untuk penampang tetap, jari-jari hidraulik maksimum keliling basah, P minimum. Kondisi seperti yang telah kita pahami tersebut memberi jalan untuk menentukan dimensi penampang melintang saluran yang ekonomis untuk berbagai macam bentuk seperti penampang persegi dan tampang trapesium. Penampang ini banyak digunakan karena daya tampung debit air yang banyak.

3. Penampang Paling Ekonomis

Potongan melintang saluran yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran, dan kemiringan dasar tertentu. Penampang Berbentuk Trapesium yang Ekonomis luas penampang melintang (A), dan keliling basah (P), saluran dengan penampang.

2.4.2 Dimensi Saluran

Perhitungan dimensi saluran didasarkan pada debit harus ditampung oleh saluran (Q_s dalam lebih besar atau sama dengan debit rencana yang diakibatkan oleh hujan rencana (Q_T dalam)).

Banyak metode yang dipakai untuk menentukan besarnya debit banjir rencana dalam analisa hidrologi, seperti metode Melchior, metode Weduwen, metode Hasper Metoda Rational, Hidrograf Satuan Sintetik, dan lain-lain.

2.4.3 Curah Hujan Regional

2.4.3.1 Pengisian Data Kosong

Data yang diperoleh dari stasiun curah hujan tidak semua tercatat atau dengan kata lain ada data yang kosong. Dalam perhitungan intensitas curah hujan dari masing-masing stasiun harus lengkap, oleh karena itu untuk melengkapi data curah hujan yang kosong ini dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1) Rata-rata Aritmatik

Jika ada suatu stasiun hujan terdapat data curah hujan yang hilang dan bila perbedaan antara hujan tahunan normal pada stasiun yang hilang datanya tersebut $< 10\%$, maka perkiraan data curah hujan yang hilang tersebut dicari dengan mengambil harga rata-rata aritmatik dari stasiun-stasiun yang mengelilinginya.

$$R_x = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

Dimana:

R_x = Curah hujan yang hilang

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (datanya lengkap)

N = Jumlah stasiun yang datanya lengkap untuk tahun yang sama

2) *Normal Ratio Method*

Bila perbedaan antara hujan tahunan normal pada stasiun yang hilang datanya tersebut $> 10\%$, maka perkiraan data curah hujan yang hilang tersebut dihitung dengan metoda perbandingan normal:

$$R_x = \frac{1}{n} \left(\frac{N_x}{N_1} R_1 + \frac{N_x}{N_2} R_2 + \dots + \frac{N_x}{N_n} R_n \right)$$

Dimana:

R_X = Curah hujan yang hilang

R_1, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n untuk tahun yang sama (data lengkap)

N_X = Curah hujan tahunan rata-rata pada stasiun yang hilang datanya.

N_1, \dots, N_n = Curah hujan rata-rata pada stasiun 1, 2, ..., n (data lengkap)

N = Jumlah stasiun yang datanya lengkap untuk tahun yang sama

3) *Reciprocal Method*

Cara perhitungan yang dianggap lebih baik, adalah cara *reciprocal method*, yang memanfaatkan jarak antar stasiun sebagai faktor koreksi. Hal ini dapat dimengerti karena korelasi antara dua stasiun hujan menjadi makin kecil dengan besarnya jarak antar stasiun tersebut. Metode ini dapat digunakan jika dalam DPS terdapat lebih dari dua stasiun pencatat hujan. Umumnya, dianjurkan untuk menggunakan paling tidak tiga stasiun acuan.

$$R_x = \frac{\left(\frac{R_1}{d_{X1}^2}\right) + \left(\frac{R_2}{d_{X2}^2}\right) + \dots + \left(\frac{R_n}{d_{Xn}^2}\right)}{\left(1/d_{X1}^2\right) + \left(1/d_{X2}^2\right) + \dots + \left(1/d_{Xn}^2\right)}$$

Dimana:

R_X = Curah hujan yang hilang.

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n untuk tahun yang sama (datanya lengkap).

N = Jumlah stasiun yang datanya lengkap untuk tahun yang sama.

d_{X1}, d_{X2}, d_{Xn} = Jarak stasiun dengan stasiun yang datanya tidak ada.

2.4.3.2 Analisis Curah Hujan Wilayah

Analisa curah hujan wilayah adalah untuk menentukan curah hujan harian maksimum rata-rata suatu daerah dari beberapa stasiun pengamat curah hujan yang ada di daerah bersangkutan. Ada tiga macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada areal tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar atau pencatat curah hujan.

2.4.3.3 Cara Tinggi Rata-rata

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

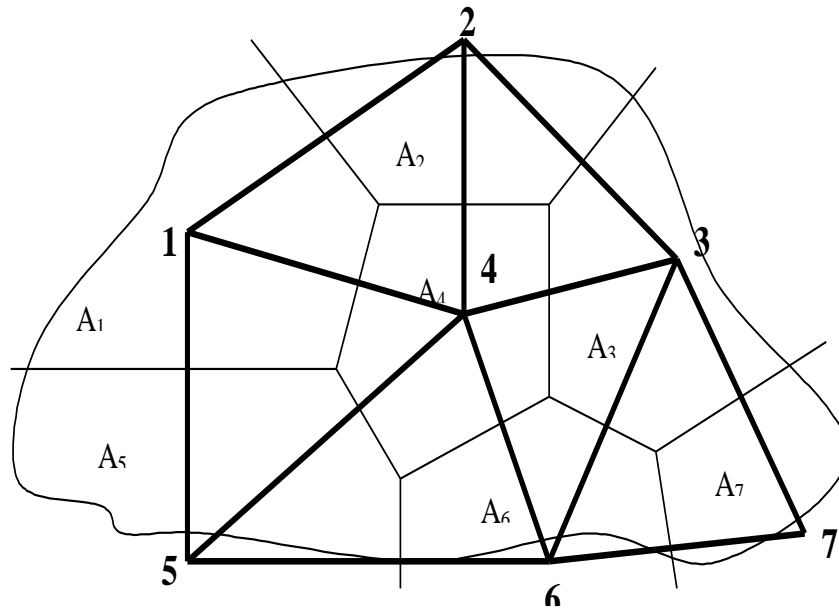
Dimana:

- R = Tinggi curah hujan rata-rata.
- R₁, R₂, R₃ ... R_n = Tinggi curah hujan pada pos penakar.
- N = Jumlah pos penakar hujan.

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di area tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal.

2.4.3.4 Cara *poligon Thiessen*

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung diantara dua pos penakar yang berdekatan. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2013).



Gambar 2.9: *Poligon Thiessen.*

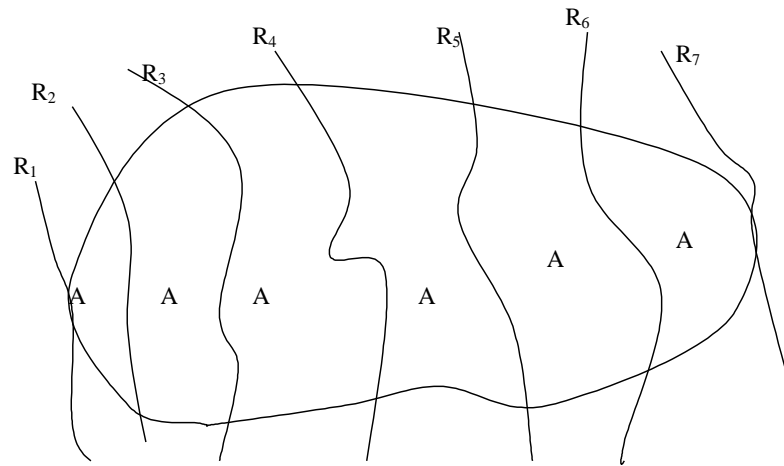
$$R = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + \dots + R_7 A_7}{A_1 + A_2 + \dots + A_7}$$

Dimana:

- R = Tinggi curah hujan rata-rata.
- R₁, R₂,.....R₇ = Tinggi curah hujan pada pos penakar.
- A₁ = Luas daerah pengaruh pos penakar 1.
- A₂ = Luas daerah pengaruh pos penakar 2.
- A₇ = Luas daerah pengaruh pos penakar 7.

2.4.3.5 Cara *isohyet*

Dengan cara ini, kita harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (*isohyet*). Penggambaran ini di mulai dari membuat kontur tinggi hujan yang sama kemudian dibagi menjadi beberapa bagian sesuai curah hujan yang sudah di dapat. Kelompokan menjadi beberapa bagian agar dapat menggunakan rumus dari persamaan tinggi curah hujan rata-rata. Perbandingan antara curah hujan yang didapat dari isohyet terhadap luas yang telah dibatasi. Dapat dilihat seperti gambar di bawah:



Gambar 2.10: Penggambaran *Isohyet*.

Kemudian luas bagian diantara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur, sebagai berikut:

$$R = \frac{\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)A_1 + \left(\frac{R_2 + R_3}{2}\right)A_2 + \dots + \left(\frac{R_6 + R_7}{2}\right)A_6}{A_1 + A_2 + \dots + A_6}$$

Dimana:

R = Tinggi curah hujan rata-rata.

R1, R2,.....R7 = Tinggi curah hujan pada *isohyet*.

A1, A2,, A6 = Luas daerah yang dibatasi oleh *isohyet-isohyet* berdekatan.

2.4.3.6 Analisis Curah Hujan Rencana

Besaran yang digunakan sebagai beban rencana adalah hujan harian maksimum tahunan, yaitu curah hujan terbesar dalam setahun yang turun dalam kurun waktu 24 jam. Dalam ilmu probabilitas diperkenalkan konsep probabilitas terlampaui yaitu probabilitas kejadian sama atau melampaui suatu nilai yang ditetapkan serta analisis *return period*.

1) Probabilitas Terlampaui

Tool pertama yang diperkenalkan disini adalah Formulasi Weibull untuk probabilitas terlampaui yang dirumuskan sebagai berikut:

$$p = \frac{m}{N+1}$$

Dimana:

P = Probabilitas terlampaui.

M = Posisi dalam ranking yang dibuat dari besar ke kecil.

N = Jumlah titik data.

Penggunaan Formulasi *Weibull* terbatas pada interval data yang diketahui, sedangkan hujan merupakan kejadian acak yang mungkin sekali terjadi diluar interval yang diketahui tersebut. Untuk itu, dalam hal ini diperkenalkan konsep periode ulang yaitu “jangka waktu hipotetik dimana secara statistik berdasarkan data dimasa lalu, suatu besaran angka tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut”.

Secara empiris hubungan probabilitas terlampaui dan periode ulang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$p = \Pr(X \geq X_T) = \frac{1}{Tr}$$

Dimana:

P = Probabilitas terlampaui.

X = Besaran yang ditinjau.

XT = Harga X dengan periode ulang Tr.

$\Pr(X \geq XT)$ = Probabilitas harga XT dilampaui.

Tr = Periode ulang.

Dalam bentuk lain dinyatakan seperti dibawah ini:

Jika $\Pr(X \geq X_T) = 1 - \Pr(X \leq X_T)$

$$\Pr(X \geq X_T) = 1 - F(X_T)$$

Maka, $F(X_T) = \frac{Tr-1}{Tr}$

Dimana:

$F(XT)$ = Probabilitas kumulatif

2) Analisis Harga Ekstrim dengan Periode Ulang

Berikut ini akan diuraikan metoda analisa harga ekstrim dengan menggunakan fungsi distribusi, antara lain:

- a). Distribusi Normal.
- b). Distribusi Gumbel.
- c). Pearson.
- d). Log Pearson type III.
- e). Distribusi Log Normal.

3) Uji Kecocokan

Dalam menghitung curah hujan maksimum digunakan beberapa distribusi, dari beberapa distribusi ini hanya satu yang akan dipakai. Untuk menentukan distribusi mana yang akan dipakai dilakukan uji kecocokan dengan maksud untuk memberikan informasi apakah suatu distribusi data sama atau mendekati dengan hasil pengamatan dan kelayakan suatu fungsi distribusi. Ada empat metoda yang digunakan untuk pengujian tersebut:

- a. Rata-rata prosentase error, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan kumulatif.
- b. Deviasi, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan komulatif.
- c. Chi-Kuadrat, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas.
- d. Kolmogorof-Smirnov, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan kumulatif.

4) Intensitas Curah Hujan Rencana

Lengkung Intensitas Hujan ($IDC = Intensity\ Duration\ Curve$). Intensitas curah hujan rencana merupakan besarnya curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Lengkung intensitas curah hujan adalah kurva yang menggambarkan hubungan antara lamanya pengaliran dan intensitas curah hujan. Dalam membuat IDC memerlukan data lengkap dari stasiun pengamat. Apabila data tidak lengkap atau tidak ada maka dapat digunakan data pembanding

suatu daerah dengan anggapan sifat dan ciri curah hujan di daerah tersebut kurang lebih sama dengan daerah yang ditinjau untuk kasus yang dihadapi.

Intensitas hujan di Indonesia, dapat mengacu pada pola grafik IDC dari:

a. V. Breen

Yang dapat didekati dengan persamaan:

$$I_T = \frac{54R_T + 0,707R_T^2}{t_c + 0,31R_T}$$

Dimana:

IT = Intensitas hujan pada PUH T dan pada waktu konsentrasi t_c (mm/jam)

RT = Tinggi hujan pada PUH T (mm/hari)

b. DR. Mononobe (Jepang)

$$I_T = \frac{R_T}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (mm / jam)$$

$$t = \frac{L}{v} \quad (jam)$$

$$t = 72 \left(\frac{\Delta H}{L} \right)^{0,6} \quad (km / jam)$$

Dimana:

IT = Intensitas hujan (mm/jam)

RT = Hujan harian dengan PUH (tahun) dalam (mm)

T = Waktu tempuh aliran disaluran dalam (jam)

V = Kecepatan aliran

ΔH = Beda tingi hulu-hilir (km)

Beberapa macam persamaan lengkung intensitas hujan, antara lain:

c. Formula Talbot

Formula Talbot dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Waktu konsentrasi

a, b = Konstanta

$$a = \frac{\sum(I.t) \cdot \sum(I^2) - \sum(I^2.t) \sum(I)}{N \sum(I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{\sum(I.t) \cdot \sum(I) - N \sum(I^2.t)}{N \sum(I^2) - (\sum I)^2}$$

N = Jumlah data.

d. Formula Sherman

Formula sherman adalah:

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Waktu konsentrasi

a, n = Konstanta

$$\log(a) = \frac{\sum(\log(I)) \cdot \sum(\log(t))^2 - \sum(\log(t) \cdot \log(I)) \sum(\log(t))}{N \sum(\log(t))^2 - (\sum \log(t))^2}$$

$$n = \frac{\sum(\log(I)) \cdot \sum(\log(t)) - N \sum(\log(t) \cdot \log(I))}{N \sum(\log(t))^2 - (\sum \log(t))^2}$$

N = Banyaknya data

e. Formula Ishiguro

Formula Ishiguro dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b}$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T = Waktu konsentrasi

a, b = Konstanta

$$a = \frac{\sum(I.\sqrt{t})\sum(I^2) - \sum(I^2.\sqrt{t})\sum(I)}{N\sum(I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{\sum(I.\sqrt{t})\sum(I) - N\sum(I^2.\sqrt{t})}{N\sum(I^2) - (\sum I)^2}$$

N = Jumlah data.

5) Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada DAS sampai ke titik yang ditinjau. Menurut Kirpich (1940) persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195L^{0,77}S^{-0,385}$$

atau

$$t_c = t_0 + t_d$$

dengan:

t_c = Waktu konsentrasi dalam menit.

L = Panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau dalam Meter.

S = Kemiringan dasar saluran.

t_0 = Waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran dalam menit (inlet time).

t_d = Waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau dalam menit (conduit time).

V = Kecepatan air dalam saluran dalam meter per menit.

Sedangkan t_d dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$t_d = \frac{L}{V}$$

6) Debit Perencanaan

Dalam penentuan debit dengan menggunakan data hujan dapat dilakukan dengan menggunakan metoda rasional.

1. Metode Rasional

Adapun persamaan yang dapat digunakan untuk menganalisis debit perencanaan dengan metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q_p = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dimana:

Q_p = Debit puncak banjir (m³/s)

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

C = Koefisien limpasan

Adapun persamaan untuk menghitung koefisien limpasan adalah sebagai berikut:

$$C_{eq} = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2 + A_3 C_3 + \dots + A_n C_n}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dimana:

C_{eq} = Koefisien limpasan equivalen

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ = Koefisien limpasan masing-masing sub-DPSal

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas sub-DPSal dalam ha

a. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan. Nilai Koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Nilai koefisien limpasan (Dep. PU, 1994).

Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
Perdagangan		Jalan	
Daerah Kota	0,70-0,95	Aspalt	0,70-0,95
Daerah dekat Kota	0,50-0,70	Beton	0,80-0,95
Permukiman		Batu Bata	0,70-0,85
Rumah Tinggal	0,30-0,50	Batu Kerikil	0,15-0,35
Terpencar	0,40-0,60	Jalan Raya dan Trotoar	0,70-0,85

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

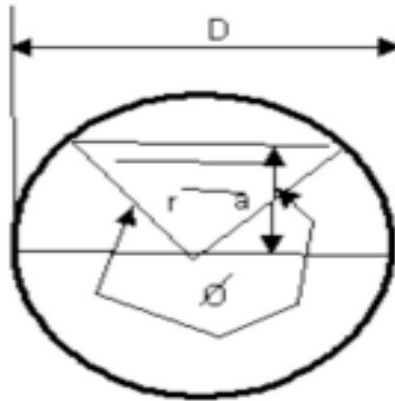
Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
Kompleks Perumahan	0,25-0,40	Atap	0,75-0,95
Permukiman (Suburban)	0,50-0,70	Lapangan rumput, tanah berpasir	0,05-0,10
Apartemen		Kemiringan 2 persen	
Industri		Rata-rata 2-7 persen	
Industri Ringan	0,50-0,80	Curam (7 persen)	0,15-0,20
Industri Berat	0,60-0,90		
Taman, Kuburan	0,10-0,25	Lapangan rumput	0,13-0,17
Lapangan Bermain	0,10-0,25	Tanah Keras	0,18-0,22
Daerah Halaman KA	0,20-0,40	Kemiringan 2 persen	0,25-0,35
Daerah tidak Terawat	0,10-0,30	Rata-rata 2-7 persen	
		Curam (7 persen)	

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut:

2. Bentuk saluran drainase pada umumnya adalah; trapesium, segiempat, lingkaran, dan segitiga. Rumus luas profil basah adalah sebagai berikut:

a. Profil Lingkaran

Bentuk saluran drainase berbentuk lingkaran pada umumnya dipakai saat pembuatan gorong-gorong. Karena fungsi dan stabilitas cocok di gunakan sehingga ketahannya lebih baik. Berikut cara perhitungannya.



Gambar 2.11: Profil basah berbentuk lingkaran (Permen PU, 2014).

$$a = r \sin\left(\frac{\phi - 180^\circ}{2}\right)$$

dimana:

a = Tinggi air (dalam m)

ϕ = Sudut ketinggian air (dalam radial)

r = Jari-jari lingkaran (dalam m)

A = Luas profil basah (dalam m²) = $\frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\phi p}{180} - \sin\phi \right)$

P = Keliling basah (dalam m) = $r \phi = r \cdot \frac{\phi p}{180}$

Penjelasan:

$R = A/P$ = jari-jari hidrolis (dalam m)

$$A = \frac{1}{2} r^2 (y - \sin y)$$

$$A = \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\Psi \pi}{180^\circ} - \sin \Psi \right)$$

$$P = r \frac{\Psi \pi}{180^\circ} = r \Psi$$

Jika dihitung dengan bagian radial ($360^\circ = 2\pi$ bagian radial)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\phi p}{180} - \sin\phi \right)}{r \frac{\phi p}{180}}$$

Kecepatan rata-rata yang paling besar (V_{maks}), jika luas profil basah, A , mempunyai harga jari-jari hidrolis, R yang terbesar. Dengan perkataan lain, kecepatan aliran terbesar akan ada jika:

$$R = \frac{1}{2}r \left(1 - \frac{180^\circ}{\Psi\pi}\right) \sin\Psi = \left(1 - \frac{\sin\Psi}{\Psi}\right)$$

Setelah dihitung terdapat $\Psi=257^\circ30'$, sedangkan $\sin 257,5^\circ = -\sin 77^\circ30'$, jadi:

$$R_{maks} = \frac{1}{2}r \left(-\frac{\sin\Psi}{\Psi}\right) = \frac{1}{2}r \left(1 - \frac{\sin 257,5^\circ}{257,5^\circ}\right)$$

atau

$$R_{maks} = \frac{1}{2}r(1 + 0,222 \times 0,976) = \frac{1}{2}r \times 1,22$$

Untuk pipa yang terisi air penuh, dengan jari-jari hidrolis,

$$R_p = \frac{P_p}{P_p} = \frac{r^2}{2r} = \frac{1}{2}r$$

$$R_{maks} = \left(\frac{1}{2}r \times 1,22 \div \frac{1}{2}r\right) R_p = 1,22R_p$$

$$\frac{dR}{d\Psi} = 0, \text{ jadi } \frac{dR}{d\Psi} = \frac{1}{2}r \frac{(\Psi \cos\Psi - \sin\Psi)}{\Psi^2} = \Psi \cos\Psi - \sin\Psi = 0$$

Kecepatan rata-rata pada pipa terisi air penuh

$$V_p = KRp^{2/3}S^{1/2} \text{ dan}$$

$$V_{maks} = K(R_{maks})^{2/3}S^{1/2} = K(1,22R_p)^{2/3}S^{1/2} = 1,14KRp^{2/3}S^{1/2} \text{ atau,}$$

$$V_{maks} = 1,14V_p$$

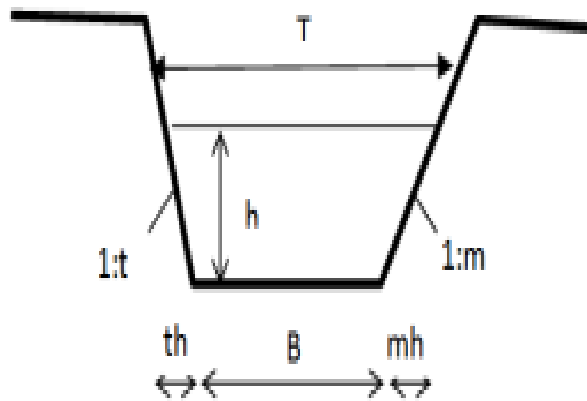
Aliran atau debit terbesar (Q) terjadi apabila $dQ/d\Psi=0$, ini berarti bahwa:

Q terbesar akan didapat jika terdapat $\phi = 308^\circ9'$ (hasil hitungan). Untuk menghitung Q_{maks} dapat dilakukan perhitungan dengan $Q_{maks} = AV$. Debit yang terbesar bukan karena A_{maks} atau V_{maks} akan tetapi AV yang terbesar hasilnya yang menentukan, pada pipa yang terisi penuh air, banyaknya aliran atau debit adalah:

$$Q_{maks} = 1,077Q_p \text{ atau } \infty 1,08Q_p$$

b. Profil Trapesium

Pada umumnya saluran ini terbuat dari tanah akan tetapi tidak menutup kemungkinan dibuat dari pasangan batu dan beton. Saluran ini memerlukan cukup ruang. Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan serta air buangan domestik dengan debit yang besar. Berikut ini rumus untuk menghitung saluran drainase dengan profil trapesium.



Gambar 2.12: Profil saluran drainase trapesium (Permen PU, 2014).

Luas profil basah berbentuk trapesium dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$A = \frac{(B + T)}{2} \times h$$

Dimana:

A = Luas profil basah (m²)

B = Lebar dasar saluran (m)

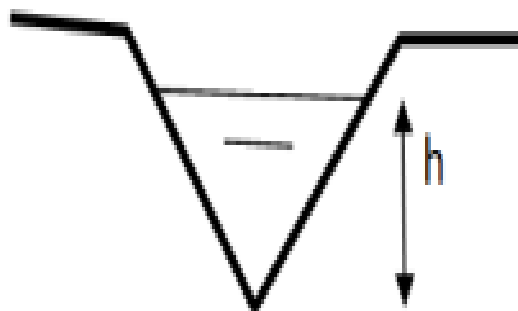
H = Tinggi air di dalam saluran (m)

T = (B+mh+th) = lebar atas muka air

M = Kemiringan talud kanan

T = Kemiringan talud kiri

c. Profil Segitiga



Gambar 2.13: Profil basah berbentuk segitiga (Permen PU, 2014).

Luas profil basah berbentuk segitiga dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{2} \times T \times h$$

Dimana:

A = Luas proil basah (m²)

B = 0 (nol)

H = Tinggi air di dalam saluran (m)

T = (B + mh + th)

M = Kemiringan talud kanan

N = Kemiringan talud kiri

d. Profil Segiempat

Luas profil basah berbentuk segiempat dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

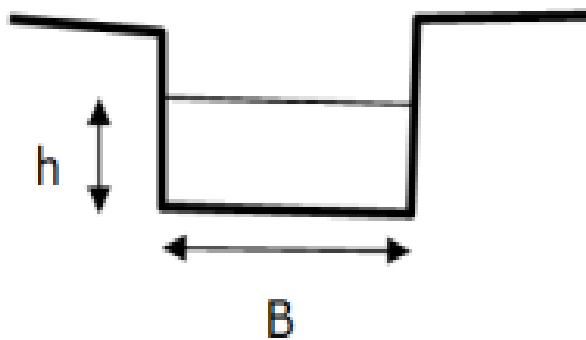
$$A = B \times h$$

Dimana:

A = Luas profil basah (m²)

B = Lebar dasar saluran (m)

H = Tinggi ait di dalam saluran (m)



Gambar 2.14: Profil basah berbentuk segiempat (Permen PU, 2014).

3. Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan rumus Chezy, Manning dan Strickler. Rumusnya adalah sebagai berikut:

a) Rumus *Chezy*

$$V = C\sqrt{Ri}$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam m/dt

C = Koefisien *Chezy*

R = Jari-jari hidrolis dalam m

A = Profil basah saluran dalam m²

P = Keliling basah dalam m

I = Kemiringan dasar saluran

Beberapa ahli telah mengusulkan beberapa bentuk koefisien *Chezy* dari rumus umum $V=C$, antara lain *Bazin*, *Manning*, dan *Strickler*.

b) Rumus *Bazin*

Bazin mengusulkan rumus berikut ini:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{gB}{\sqrt{R}}}$$

Dengan gB adalah koefisien yang tergantung pada kekasaran dinding. Nilai gB untuk beberapa jenis dinding saluran dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 2.5: Koefisien kekasaran *Bazin* (SNI M-18, 1989)

Jenis Dinding	gB
Dinding sangat halus (semen)	0,06
Dinding halus (papan, batu, bata)	0,16
Dinding batu pecah	0,46
Dinding tanah sangat teratur	0,85
Saluran tanah dengan kondisi biasa	1,30
Saluran tanah dengan dasar batu pecah dan tebing rumput	1,75

c) Rumus *Manning*

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

dimana:

n = Koefisien *Manning*

R = Jari-jari hidrolis dalam m

A = Profil basah saluran dalam m²

P = Keliling basah dalam m

I = Kemiringan dasar saluran

Berikut merupakan tabel koefisien kekasaran *Manning*, n :

Tabel 2.6: Koefisien kekasaran *Manning*, n (Triatmojo).

Bahan	Koefisien <i>Manning</i> , n
Besi tulang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

d) Rumus *Strickler*

Strickler mencari hubungan antara nilai koefisien (n) dari rumus *Manning* sebagai fungsi dari dimensi material yang membentuk dinding saluran. Untuk dinding saluran dari material yang tidak koheren, koefisien *Strickler* (k_s) dapat dihitung dengan rumus:

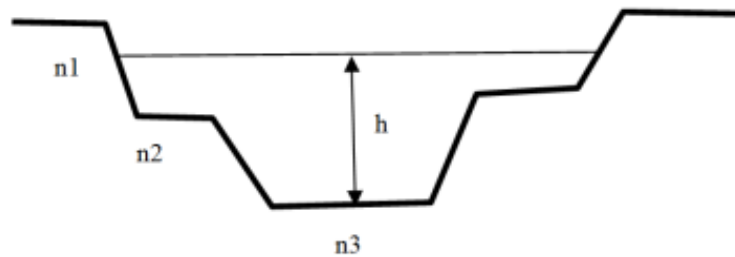
$k_s = \frac{1}{n}$, sehingga rumus kecepatan aliran menjadi:

$$V = k_s R^{2/3} I^{1/2}$$

4. Apabila di dalam saluran eksisting terdapat nilai kekasaran dinding atau koefisien Manning yang berbeda satu dengan lainnya, maka dicari nilai kekasaran dinding *equivalen* (n_{eq}).

1) Rumus kekasaran dinding *equivalen* (n).

Rumus ini digunakan untuk menghitung nilai kekasaran dinding *equivalen* dari profil saluran dengan dimensi berbeda seperti pada gambar 2.15.



Gambar 2.15: Penampang profil basah majemuk (Permen PU, 2014).

$$n = \frac{(\sum n_i^{3/2} P_i)^{2/3}}{P^{2/3}}$$

Dimana:

N = Nilai kekasaran dinding *equivalen*

P_t = Total keliling basah dalam m

N_i = Kekasaran dinding pada sub-profil basah i

P_i = Panjang keliling basah pada sub-profil basah i

2) Rumus aliran (Q).

Untuk menghitung debit profil majemuk eksisting pada saluran drainase perkotaan digunakan rumus kontinuitas dengan mengalikan luas profil basah dengan kecepatan rata-rata menggunakan rumus Manning dan koefisien kekasaran *equivalen* (n_{eq}). Rumus alirannya adalah sebagai berikut:

$$Q_t = A_t \frac{1}{n_{eq}} R_t^{2/3} S^{1/2}$$

dengan:

Q_t = Debit total dalam m³/dt

A_t = Luas profil basah dari masing-masing sub-profil basah dalam m²

R_t = Total jari-jari hidraulis dari masing-masing sub-profil basah dalam

S = Kemiringan rata-rata dasar saluran

N_{eq} = Kekasaran dinding *equivalen* yang nilainya dinyatakan dengan rumus:

$$n_{eq} = \frac{A_t(R_t)^{2/3}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{n_t} A_i R_t^{2/3}}$$

5. Aliran kritis, sub-kritis, dan super-kritis dinyatakan dengan bilangan Froude. Aliran kritis apabila Froude Number, $Fr = 1$; aliran sub-kritis apabila Froude number < 1 dan aliran super-kritis apabila Froude number > 1 .

Froude number dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

dimana:

V = Kecepatan aliran dalam m/s

\sqrt{gD} = Cepat rambat gelombang dalam m/s

$D = A/T$ = Kedalaman hidrolis dalam m

A = Luas profil basah dalam m²

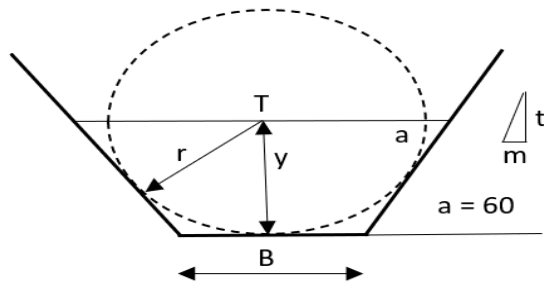
T = Lebar muka air dari tampang saluran

6. Penampang saluran terbaik atau penampang saluran ekonomis adalah penampang saluran yang mempunyai keliling basah minimum akan memberikan daya tampung maksimum kepada penampang saluran. Berikut ketentuan penampang ekonomis berdasarkan bentuk penampangannya:

a. Bentuk trapesium

Untuk saluran ekonomis berbentuk trapesium seperti dalam gambar dengan lebar dasar B , kedalaman y , dan kemiringan tebing $tga = 1/m$, sehingga sudut $a = 60^\circ$. Dapat dilihat dari Gambar 2.16.

Luas profil basah, $A = y(B+my)$; T = lebar muka air.



Gambar 2.16: Saluran ekonomis berbentuk trapesium (Permen PU, 2014).

Parameter atau elemen geometrik dari saluran ekonomis berbentuk trapesium dapat dilihat pada Tabel III.

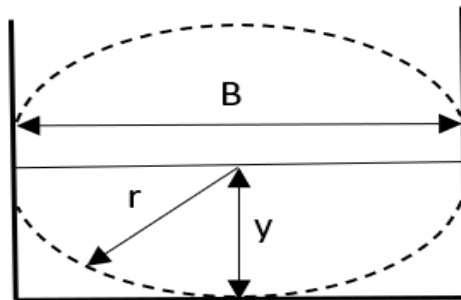
b. Bentuk segiempat

Saluran dengan bentuk segiempat umumnya digunakan untuk saluran yang terbuat dari pasangan batu atau beton.

Luas Penampang Basah: $A = By$

Keliling Basah: $P = B + 2y$

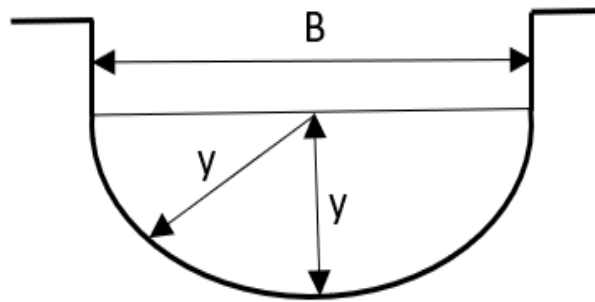
Lebar $B = 2y$



Gambar 2.17: Saluran ekonomis berbentuk segiempat (Permen PU, 2014).

c. Bentuk setengah lingkaran

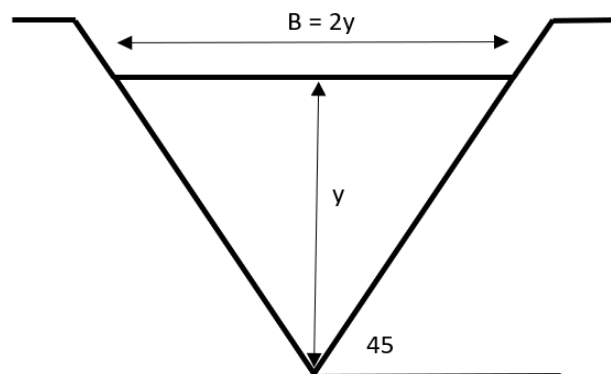
Dari semua bentuk tampang lintang yang ada, bentuk setengah lingkaran mempunyai keliling basah terkecil untuk luas tampang tertentu.



Gambar 2.18: Saluran ekonomis bentuk 1/2 lingkaran (Permen PU, 2014).

Dalam hal ini, $r = y$; $A = \frac{1}{2} \pi y^2$; dan $R = y/2$

d. Bentuk segitiga



Gambar 2.19: Saluran ekonomis bentuk segitiga (Permen PU, 2014).

Profil drainase segitiga ini jarang dipergunakan, biasanya untuk wilayah dengan lahan terbatas barulah profil berbentuk segitiga ini digunakan. Saluran ini difungsikan untuk menampung jumlah debit air yang kecil. Karena hanya mampu menampung debit air yang kecil saluran ini juga sulit untuk perawatan. Sedimen yang larut akan menumpuk di sudut dalam saluran yang berbentuk segitiga. Sehingga perawatan yang sangat khusus untuk profil drainase segitiga ini.

Adapun berikut merupakan formula penampang saluran ekonomis untuk profil trapesium, segiempat, segitiga, dan setengah lingkaran. Ini merupakan formula yang biasanya sering digunakan untuk membuat desain drainase terbuka.

Tabel 2.7: Penampang melintang ekonomis untuk saluran trapesium, segiempat, segitiga, dan setengah lingkaran (CIDA, 1994).

Penampang Melintang Saluran	Luas Penampang Basah (A)	Keliling Basah (P)	Jari-Jari Hidraulis (R)	Lebar Atas Muka Air (T)	Kedalaman Hidraulis (D)	Section Factor (Z)
1	2	3	4	5	6	7
Trapesium	$y^2\sqrt{3}$	$2y\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{4}{3}y\sqrt{3}$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{2,5}$
Segi empat	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}$	$2y$	y	$2y^{2,5}$
Segi tiga	y^2	$2y\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}y\sqrt{2}$	$2y$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{3}}{2}y^{2,5}$
Setengah Lingkaran	$\frac{p}{2}y^2$	py	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{p}{4}y$	$\frac{p}{4}y^{2,5}$

7. Ruang bebas saluran (*freeboard*) berkisar antara 0,3-1,2 m tergantung dari dalam dan lebarnya saluran, atau dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F_r = \sqrt{Cf \cdot y}$$

Dimana:

Fr = Ruang bebas (m)

Y = Kedalaman aliran rencana (m)

Cf = Koefisien yang bervariasi dari 1,5 pada Q= 60 m²/s sampai 2,5 untuk Q= 85m³/s

8. Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan yang paling rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air. Kecepatan maksimum ditentukan oleh kekasaran dinding dan

dasar. Untuk saluran tanah $V = 0,7$ m/dt, pasangan batu kali $V = 2$ m/dt dan pasangan beton $V = 3$ m/dt. Kecepatan maksimum dan minimum saluran juga ditentukan oleh kemiringan talud saluran. seperti terlihat dalam tabel-tabel berikut ini:

Tabel 2.8: Jenis saluran terbuka (CIDA, 1994).

Jenis Saluran	Ruang Bebas		Kecepatan Max dan Min yang Diizinkan	Kemiringan Talud	
				Material tanah pada galian	Kemiringan talud
Saluran tanah (yang tidak dilapisi)	Min	F(m)	Min. V= 0,60 m/dt. Merujuk pada kecepatan maksimum yang diizinkan	Batu/Rock	1H:0,25V
	$F\sqrt{cy}$			Tanah Keras	1H:1H to 1H:2V
	USBR			Lempung	1H:1V to 1H:2V
	Q			Keras	1H:1,5V to
	(m ³ /dt)			Pasir	1H:2,5V
	<0,5			Lempung	1H:2V to 1H:3V
	0,5-1,5			Pasir	1H:3H to 1H:4H
	1,5-5,0			Lumpur	
	5,0-10,0			Tanah	
	10,0-15,0			Lembek	
>15,0			Tanah yang dipadatkan		
			Kedalaman air+ruang bebas D (m)	Min. Kemiringan Talud	
			Df<1,0	1V:1H	
			1,0<D<2,0	1V:1,5H	
			Df>2,0	1V:2H	

Tabel 2.8: *Lanjutan.*

Jenis Saluran	Ruang Bebas		Kecepatan Max dan Min yang Diizinkan	Kemiringan Talud	
				tanah pada galian	Kemiringan talud
Yang dilapis beton	Min $F\sqrt{cy}$ USBR Q (m ³ /dt)	F(m)	Min. V= 0,60-1,0 m/dt. Max. V=3,0 m/dt	Kedalaman air, y (m) <0,4 m 0,4<y<0,75	Min. Kemiringan Talud Vertikal 1:1
	0,5-1,5	0,20			
	1,5-5,0	0,20			
	5,0-	0,25			
	10,0	0,30			
	10,0-	0,40			
	15,0	0,50			
	>15,0				
Pasangan batu kali	Sama dengan beton		Min. V= 0,60 m/dt. Max. V= 2,0 m/dt		Sama dengan beton

Tabel 2.9: Kecepatan maksimum yang diizinkan atas rekomendasi Fortie dan Scoby (1926) untuk *Straight Channels of Small Slope and After Aging* (CIDA, 1994).

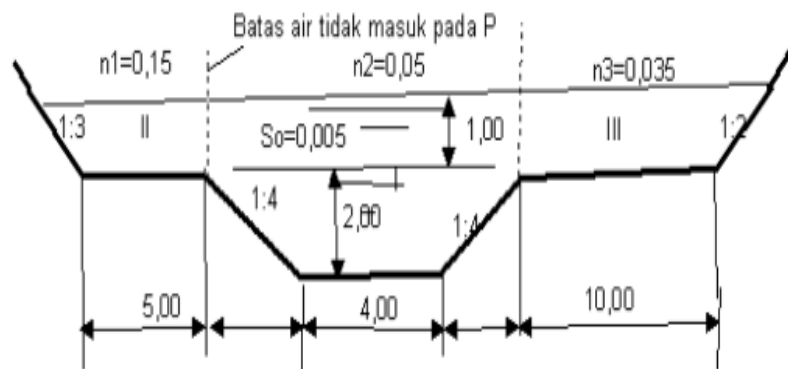
Material	n	Air Bersih, V (m/dt)	Air yang Membawa Lumpur Koloid, V (m/dt)
Pasir halus/baik (<i>noncolloidal</i>)	0,020	0,457	0,762
Pasir lempung (<i>noncolloida</i>)	0,020	0,533	0,762
Lumpur lempung	0,020	0,610	0,914
Lumpur alluvial (<i>noncolloida</i>)	0,020	0,610	1,07
Lempung keras <i>ordinary</i>	0,020	0,762	1,07
Abu vulkanik	0,020	0,762	1,07
Lempung keras (<i>vert colloidal</i>)	0,025	1,14	1,52
Lumpul alluvial (<i>colloida</i>)	0,025	1,14	1,52
<i>Shales and Harpens</i>	0,025	1,83	1,83
Kerikil halus	0,020	0,762	1,52
<i>Graded Loam to Cobbles</i> (bila <i>colloidal</i>)	0,030	1,14	1,52
<i>Graded Silt to Cobbles</i> (bila <i>colloidal</i>)	0,030	1,22	1,68
Krikil kasar (<i>noncolloidal</i>)	0,025	1,22	1,83
<i>Cobbles and Shingles</i>	0,035	1.52	1,68

9. Saluran dengan berbagai lapisan adalah saluran yang dilapis dengan beton, batu kali dan lapisan lainnya sedangkan dasar saluran dari tanah. Dengan menggunakan rumus Manning dan koefisien kekasaran yang tepat untuk masing-masing dinding saluran, debit dari tiap sub-penampang dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

di mana Q_1 , Q_2 , Q_3 adalah debit dari masing-masing sub penampang melintang 1, 2, dan 3. Apabila Q_1 , Q_2 , Q_3 disubstitusikan ke dalam persamaan Manning, maka diperoleh debit total menjadi:

$$Q = \frac{1}{n_1} A_1 R_1^{2/3} S_0^{1/2} + \frac{1}{n_2} A_2 R_2^{2/3} S_0^{1/2} + \frac{1}{n_3} A_3 R_3^{2/3} S_0^{1/2}$$



Gambar 2.20: Profil melintang saluran ganda (Permen PU, 2014).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi Penelitian dilaksanakan di Jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai tepatnya di kecamatan Medan Petisah yang berkoordinat $3^{\circ}36'5.45''N$ $98^{\circ}39'35.49''E$. Waktu penelitian dilakukan mulai bulan Agustus 2023 sampai dengan bulan Oktober 2023.



Gambar 3.1: Peta lokasi penelitian (*Google Earth*).

3.2 Metode dan Tahapan Penelitian

Tugas akhir ini disusun dengan tahapan sebagai berikut:

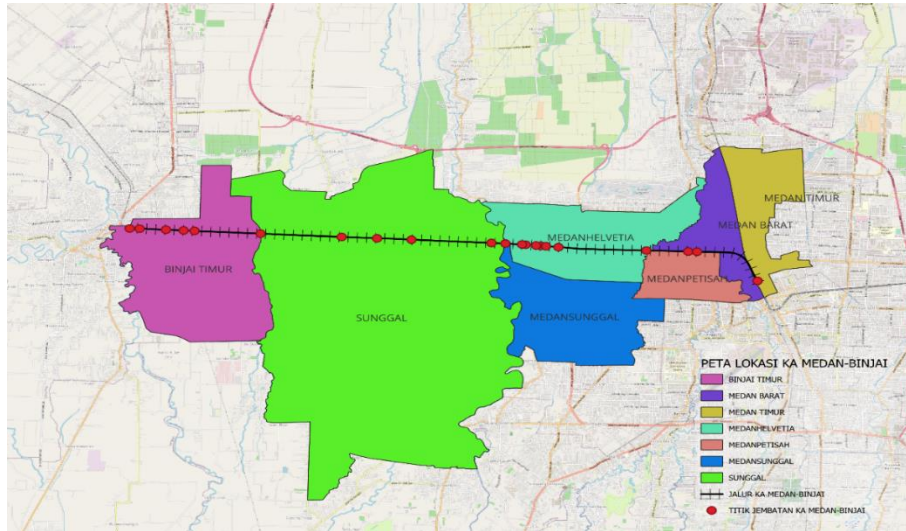
- a. Mengumpulkan beberapa literatur dari buku, makalah, jurnal dan catatan kuliah yang berkaitan dengan studi pustaka.
- b. Data primer diperoleh dengan melakukan survei ke lokasi jembatan sungai putih jalur kereta api Medan-Binjai Kawasan kecamatan Medan Petisah.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah no. 34 tahun 2006 tentang jalan, berdasarkan sifat dan pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan, fungsi jalan dibedakan atas:

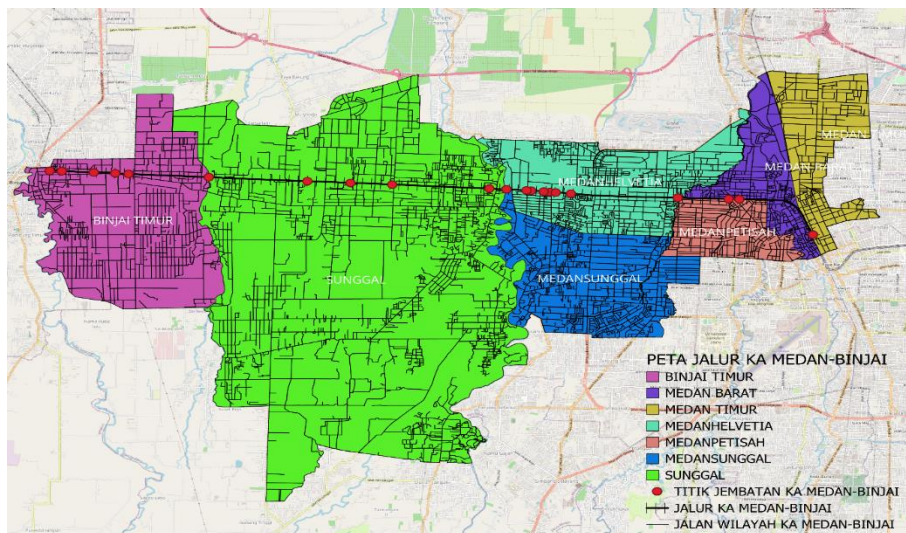
- a. Jalan arteri
- b. Jalan kolektor

- c. Jalan lokal
- d. Jalan lingkungan

Peta jaringan jalan pada jalur lintas kereta api Medan-Binjai berdasarkan peta RBI dapat dilihat pada gambar berikut.



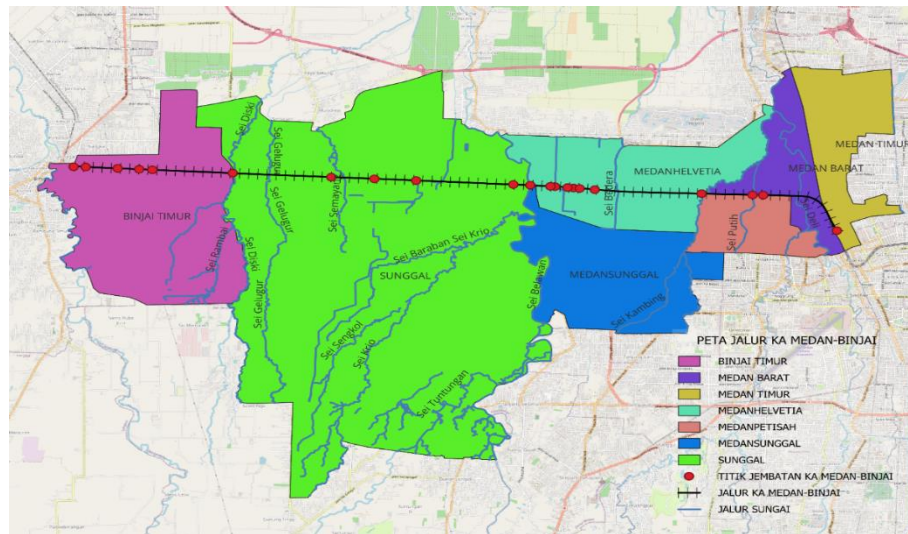
Gambar 3.2: Peta administrasi Medan, Deli Serdang, dan Kota Binjai (PT. KA).



Gambar 3.3: Peta jaringan jalan sepanjang jalur KA Medan-Binjai (PT. KA).

- c. Mengumpulkan data sekunder yaitu data Curah Hujan Harian Maksimum Selama 10 Tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG.

Peta jaringan sungai merupakan peta yang berisi informasi objek sekiran aliran sungai yang dapat dilihat sesuai aliran yang berpengaruh terhadap aliran air sesuai curah hujan yang ada.



Gambar 3.4: Peta jaringan sungai sepanjang jalur KA Medan-Binjai (PT. KA).

- d. Menganalisis Data yang ada, yaitu:

Analisi Hidrologi

1. Analisis Frekuensi Curah Hujan
2. Koefisien Aliran Permukaan
3. Analisis waktu konsentrasi
4. Koefisien Limpasan
5. Analisis Intensitas Curah Hujan
6. Analisis Debit Rencana

Analisa Hidrolika

1. Analisis Pola Aliran
2. Analisis Kapasitas Penampang Saluran
3. Evaluasi Debit Saluran dengan Debit Rencana

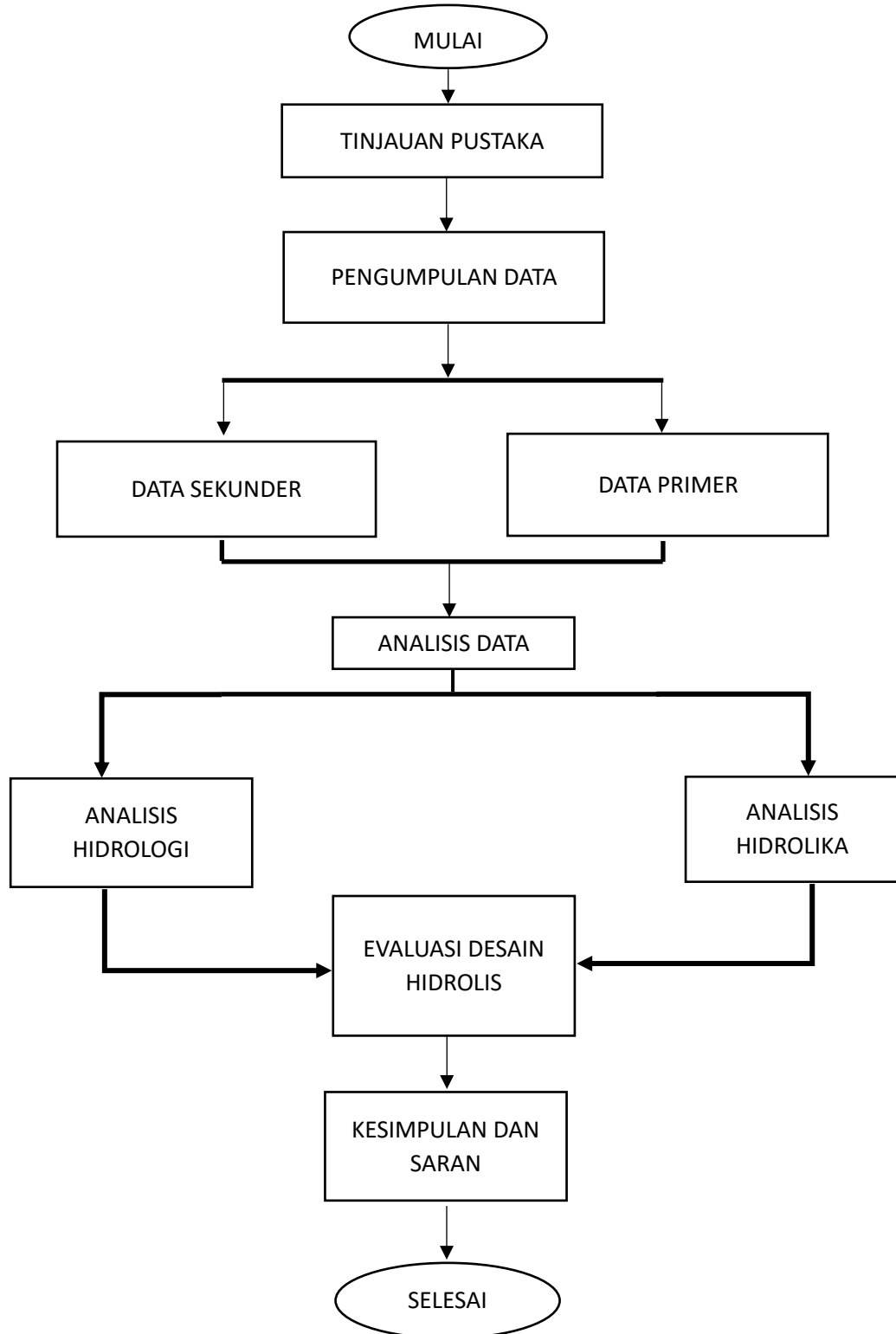
3.3 Prosedur Penelitian

Pertama menganalisa data sekunder, yaitu menghitung curah hujan rata-rata dan menganalisa curah hujan rencana dengan menggunakan analisa Log Person III. Selanjutnya intensitas curah hujan rencana dihitung menggunakan persamaan Mononobe.

Data dimensi dan bentuk drainase ditinjau langsung ke lapangan yaitu pada Lokasi di jembatan sungai putih jalur kereta api Medan-Binjai tepatnya di kecamatan Medan Petisah. Debit maksimum dari saluran drainase dihitung dengan persamaan Manning. Setelah data sekunder dianalisis, maka langkah berikutnya yaitu mengevaluasi masing-masing nilai yang dihasilkan dari analisis data sekunder. Saluran drainase dikatakan banjir apabila nilai debit banjir rencana hasil analisis lebih besar dari pada nilai debit maksimum saluran drainase yang dihitung dengan slope area method (persamaan *Manning*). Alur pengerjaannya lebih detail dapat dilihat pada gambar berikut.

3.4 Alur Penelitian

Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5: Bagan alur penelitian.

Tabel 3.1: Uraian dan penjelasan sistematika penelitian.

No	Uraian	Penjelasan	Sumber
1	Tinjauan Pustaka	Melakukan studi literatur dari buku, media cetak, internet dan jurnal	Buku, internet dan jurnal
2	Data Sekunder	Mengumpulkan data sekunder yaitu data Curah Hujan Harian Maksimum Selama 10 Tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG.	BMKG
3	Data Primer	Data primer diperoleh dengan melakukan survei ke lokasi jembatan sungai putih jalur kereta api Medan-Binjai Kawasan kecamatan Medan Petisah.	Pengukuran manual (survei langsung) dan data dari Dinas KA
4	Analisis Hidrologi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis Frekuensi Curah Hujan 2. Koefisien Aliran Permukaan 3. Analisis waktu konsentrasi 4. Koefisien Limpasan 5. Analisis Intensitas Curah Hujan 6. Analisis Debit Rencana 	Buku, BMKG dan Jurnal
5	Analisis Hidrolika	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis Pola Aliran 2. Analisis Kapasitas Penampang Saluran 3. Evaluasi Debit Saluran dengan Debit Rencana. 	Pengukuran manual (survei langsung), buku dan jurnal
6	Evaluasi Desain Hidrolis	Aliran sungai dikatakan banjir apabila nilai debit banjir rencana hasil analisis lebih besar dari pada nilai debit maksimum aliran sungai yang dihitung dengan slope area methode (persamaan Manning).	Buku, Jurnal dan internet
7	Kesimpulan Dan Saran	Untuk mendapatkan solusi yang dapat di laksanakan oleh pemerintah maupu pihak kereta api agar desain hidrolis jembatan sei putih mampu menjawab tantangan pada saat ini.	Hasil evaluasi desain hidrolis

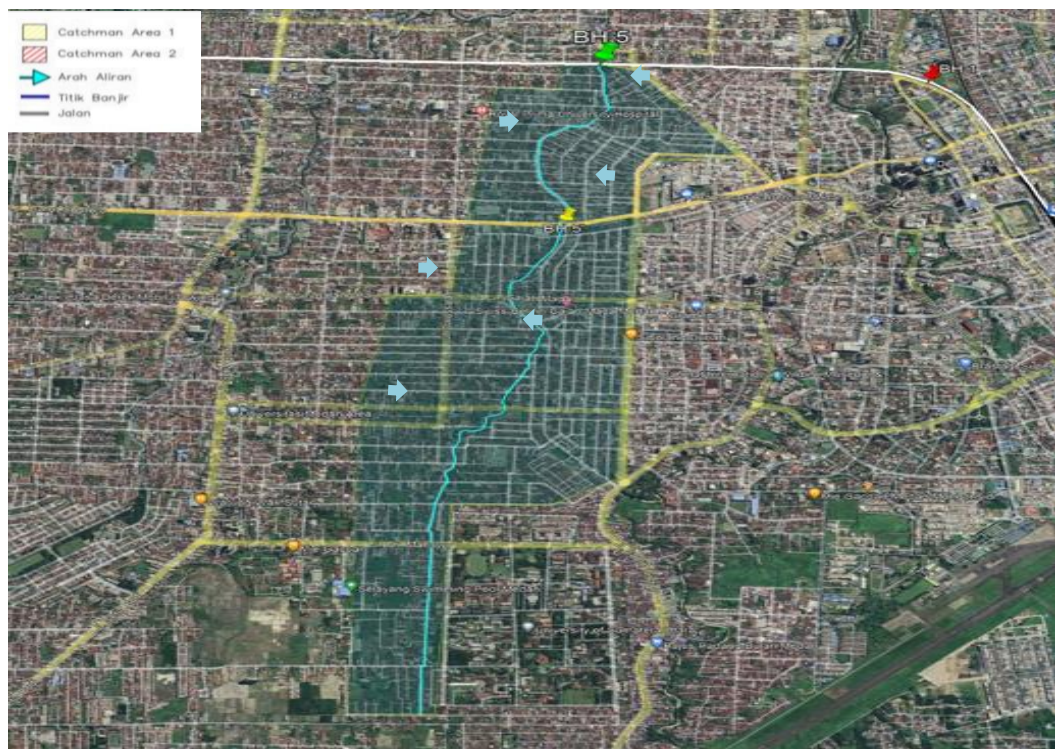
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari survei secara langsung di lokasi penelitian yaitu kawasan Jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai tepatnya di kecamatan Medan Petisah. Data terlampir sebagai berikut adalah titik/lokasi banjir dan pola aliran di kawasan jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai tepatnya di kecamatan Medan Petisah.

Dalam sistem aliran sungai terdapat pola jaringan yang bertujuan untuk menunjukkan arah aliran air masuk (*inlet*), air keluar (*outlet*) dan pembuangan akhir ke sungai induk lalu di teruskan ke laut. Berikut adalah lokasi banjir dan pola arah aliran kawasan Jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai tepatnya di kecamatan Medan Petisah yang di tujukan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Peta pola aliran dan *catchment area* seluas 444 Ha (*Google Earth*).

Terdapat beberapa titik banjir di kawasan Jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan di lapangan.

4.1.2 Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi yang berkaitan dengan suatu penelitian itu. Maka, data yang diperoleh pada penelitian ini hanya data Curah Hujan Harian Maksimum selama 10 Tahun terakhir 2012 s/d 2021 sebagai berikut:

Tabel 4.1: Data curah hujan harian maksimum, Tuntungan (BMKG).

Thn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Har.Maks
2012	99	16	128	27	65	80	36	75	78	72	58	58	128
2013	25	26	57	66	51	30	104	64	55	47	46	93	104
2014	69	40	79	54	100	67	50	76	80	140	38	90	140
2015	22	35	51	71	62	51	56	41	81	89	65	33	89
2016	22	23	36	14	162	32	40	65	65	147	109	169	169
2017	63	127	19	26	82	42	29	35	136	115	48	66	136
2018	39	23	37	55	123	70	48	50	141	72	88	65	141
2019	67	44	123	47	30	72	68	23	83	82	63	79	123
2020	73	59	43	39	100	98	72	70	79	76	76	146	146
2021	42	57	29	171	88	48	45	43	76	61	90	112	171

Tabel 4.2: Data curah hujan harian maksimum, Sampali (BMKG).

Thn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Har.Maks
2012	40	50	42	57	83	65	65	55	60	75	60	33	83
2013	29	66	53	63	27	39	58	45	32	70	21	111	111
2014	20	22	35	31	46	49	34	60	66	41	57	165	165
2015	42	46	10	12	39	11	86	25	52	76	90	43	90
2016	23	71	9	9	40	41	49	30	84	47	57	34	84
2017	37	6	40	44	22	64	32	55	34	84	65	135	135
2018	29	40	18	68	35	42	62	45	56	147	76	106	147
2019	27	20	9	46	159	21	31	65	102	70	50	54	159
2020	146	57	16	68	85	58	79	92	79	45	27	74	146
2021	103	12	13	26	36	45	52	104	80	89	124	53	124

Tabel 4.3: Data curah hujan harian maksimum, Helvetia (BMKG).

Thn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Har.Maks
2012	40	25	40	55	47	5	53	10	97	68	72	33	97
2013	14	49	25	25	51	27	14	30	35	78	30	57	78
2014	16	29	30	47	70	30	65	47	47	47	47	59	70
2015	59	45	10	52	37	30	67	42	42	69	63	63	69
2016	26	59	7	9	52	52	55	30	69	35	37	35	69
2017	32	30	37	25	33	29	32	32	45	34	59	73	73
2018	36	17	33	42	43	52	72	49	43	76	51	34	76
2019	39	30	10	37	57	48	31	67	64	54	64	36	67
2020	47	43	111	35	67	36	40	64	52	39	35	63	111
2021	103	12	13	26	36	45	52	104	80	89	124	53	124

Tabel 4.4: Data curah hujan harian maksimum, Belawan (BMKG).

Thn	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Har.Maks
2012	45	59	15	19	46	17	-	40	-	37	51	43	59
2013	50	54	7	114	44	16	76	67	56	65	54	64	114
2014	21	59	7	92	63	49	38	85	100	39	31	81	100
2015	58	12	2	11	81	75	32	77	69	63	57	43	81
2016	58	64	48	1	34	41	85	27	59	109	22	16	109
2017	58	30	95	24	51	21	59	47	70	110	39	100	110
2018	47	5	28	70	10	29	64	30	93	58	40	43	93
2019	53	78	22	26	46	47	40	19	23	89	81	69	89
2020	159	20	20	40	48	81	20	58	108	28	28	88	159
2021	69	25	47	40	14	50	53	120	35	99	69	88	120

4.2 Analisis Hidrologi

4.2.1 Pemilihan Stasiun Acuan

Wilayah di kecamatan Medan Petisah dikelilingi oleh 4 stasiun terdekat yaitu Sta. Tuntungan, Sta. BMKG Wil. I Medan, Sta. Helvetia. Curah hujan yang digunakan untuk penyusunan tugas akhir Evaluasi Desain Hidrolika Jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai Kecamatan Medan Petisah adalah curah hujan

rata-rata dari titik pengamatan dalam hal ini adalah stasiun Klimatologi Sampali, Helvetia, dan Tuntungan.

Metode rata-rata aritmatik ini, dipilih/digunakan dengan cara menghitung rata-rata curah hujan dari stasiun yang terdekat. Dengan metode rata-rata aritmatik, dapat diketahui bahwa lokasi Jembatan Sei Putih jalur kereta api Medan-Binjai Kecamatan Medan Petisah menggunakan 3 stasiun hujan yaitu Stasiun Klimatologi Sampali, Helvetia, dan Tuntungan. Berikut peta rata-rata aritmatik untuk menghitung curah hujan wilayah.

4.2.2 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.

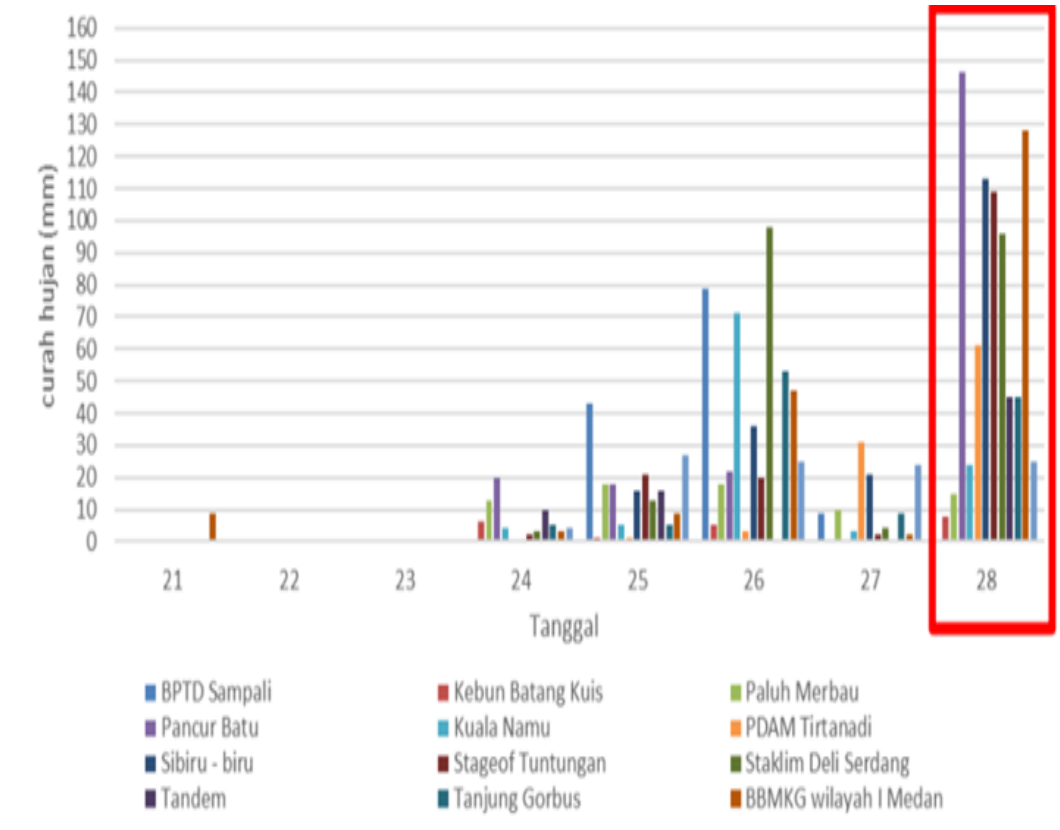
Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang (*return period*) tertentu. Besaran ini merupakan besaran banjir (atau hujan/*design rainfall*) yang rata-rata akan disamai atau dilampaui sekali dalam T tahun. T (tahun) ini disebut sebagai kala ulang (*return period*).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

4.2.3 Analisa Curah Hujan Kota Medan dan Kab. Deli Serdang

Berdasarkan keseluruhan informasi yang berhasil dihimpun tersebut, maka Stasiun Klimatologi Sampali melakukan analisis klimatologi terkait kejadian banjir tersebut. Analisis curah hujan dilakukan di beberapa pos hujan di Kota Medan. Sebagai informasi, kriteria curah hujan harian adalah sebagai berikut: Sangat ringan (<10 mm), Ringan (10-20 mm), Sedang (20-50 mm), Lebat (50-100 mm), Ekstrim/Sangat Lebat (>100 mm). Namun untuk sebagian wilayah Sumatera Utara, curah hujan sebesar 50 mm/hari sudah dapat mengakibatkan terjadinya genangan ataupun

banjir. Dalam analisis ini juga digunakan data Kabupaten Deli Serdang sebagai data penunjang karena wilayah ini merupakan lokasi yang dekat dengan Kota Medan.



Gambar 4.2: Grafik curah hujan Kota Medan dan Kab. Deli Serdang tahun 2022 (BMKG).

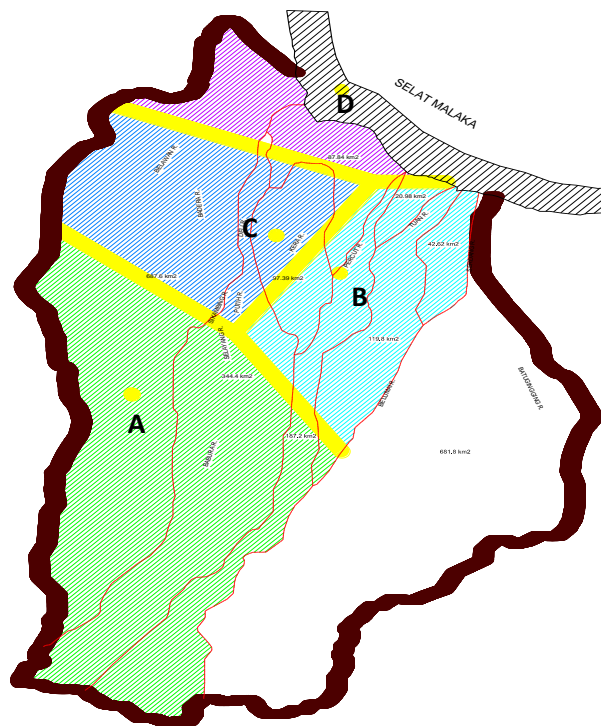
Adapun yang termasuk kategori curah hujan kategori ekstrim / sangat lebat antara lain pos hujan Pancur batu (146 mm), pos hujan Sibiru – biru (113 mm), Stasiun Geofisika Tuntungan (109 mm). Sedangkan beberapa pos hujan yang termasuk kategori lebat (50- 100 mm) meliputi pos hujan PDAM Tirtanadi Sibolangit (61 mm) dan Staklim Deli Serdang (96 mm). Beberapa data dapat kita lihat sehingga bisa menentukan data yang mana lebih dapat kita ambil dalam analisis perkiraan curah hujan. Untuk lebih jelasnya kita bisa melihat grafik di atas dan di asumsikan menggunakan data yang paling tinggi curah hujannya di bagian wilayah medan.

Berdasarkan analisis banjir ekstrim di Kota Medan, khususnya di kawasan lokasi proyek maka dapat dihimpun data sebagai berikut:

Tabel. 4.5: Tinggi dan durasi curah hujan Kota Medan (BMKG).

Tahun		Tinggi & Durasi Curah Hujan	Dampak
2022	Nopember	100 s/d 139 mm, 1 hari	Banjir Kota Medan
	Agustus	50 s/d 100 mm, 1 hari	Banjir Kota Medan
	Februari	100 s/d 146 mm, 5 hari	Banjir Kota Medan
2021	November	Diatas 100 mm, 2 jam	Banjir Kota Medan
2020	September	Diatas 100 mm, 1,5 jam	Banjir Kota Medan
2019	September	Diatas 100 mm, 1 jam	Banjir Kota Medan
2018	Oktober	Diatas 100 mm, 1 jam	Banjir Kota Medan

Dari data yang ada dipilih stasiun curah hujan yang tertinggi.



Gambar 4.3: Peta wilayah setiap stasiun (BMKG).

Keterangan:

A = Stasiun Tuntungan

B = Stasiun Sampali

C = Stasiun Helvet

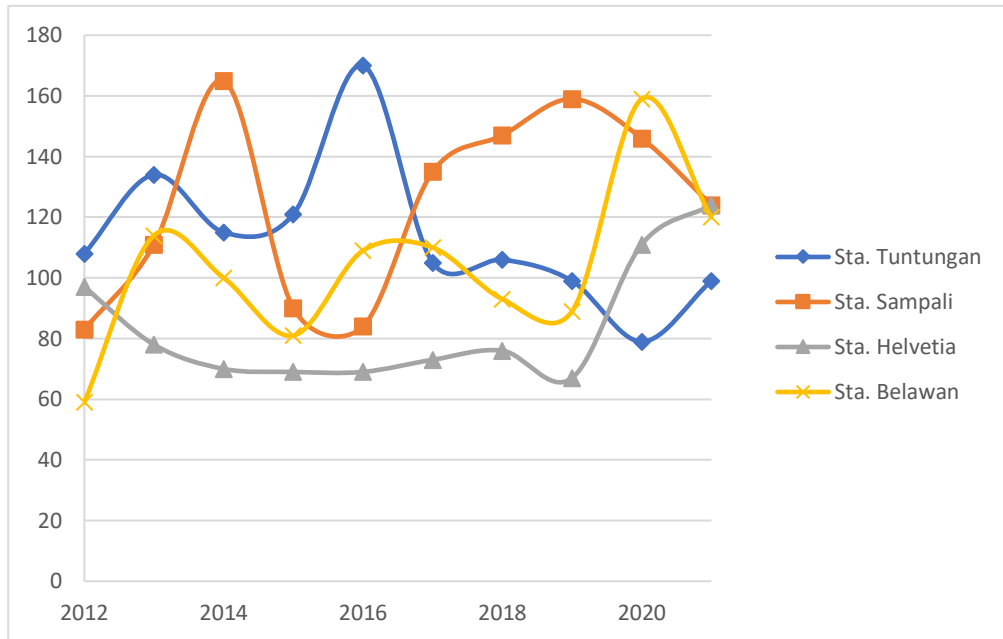
D = Stasiun Belawan

Tabel 4.6: Luas daerah setiap stasiun curah hujan (BMKG).

Luas	Km	Koefesien
Sta. Tuntungan	777.1	0.490
Sta. Sampali	305.5	0.192
Sta. Helvet	356.2	0.224
Sta. Belawan	148.5	0.094
TOTAL	1587	1

Tabel 4.7: Rerata curah hujan dengan metode *Thiessen* (Perhitungan).

Stasiun	Sta. Tuntungan	Sta. Sampali	Sta. Helvetia	Sta. Belawan	AVG	Maks
Tahun	0.490	0.192	0.224	0.094	1	R
2012	180	83	97	59	96.14	108
2013	134	111	78	114	115.1	134
2014	115	165	70	100	113.1	165
2015	121	90	69	81	99.62	121
2016	170	84	69	109	125.1	170
2017	105	135	73	110	104.1	170
2018	106	147	76	93	105.9	135
2019	99	159	67	89	102.4	147
2020	79	146	111	159	106.6	159
2021	99	124	124	120	111.4	124
Max	170	165	124	159	125.1	170



Gambar 4.4: Grafik rerata curah hujan dengan metode *Thiessen*.

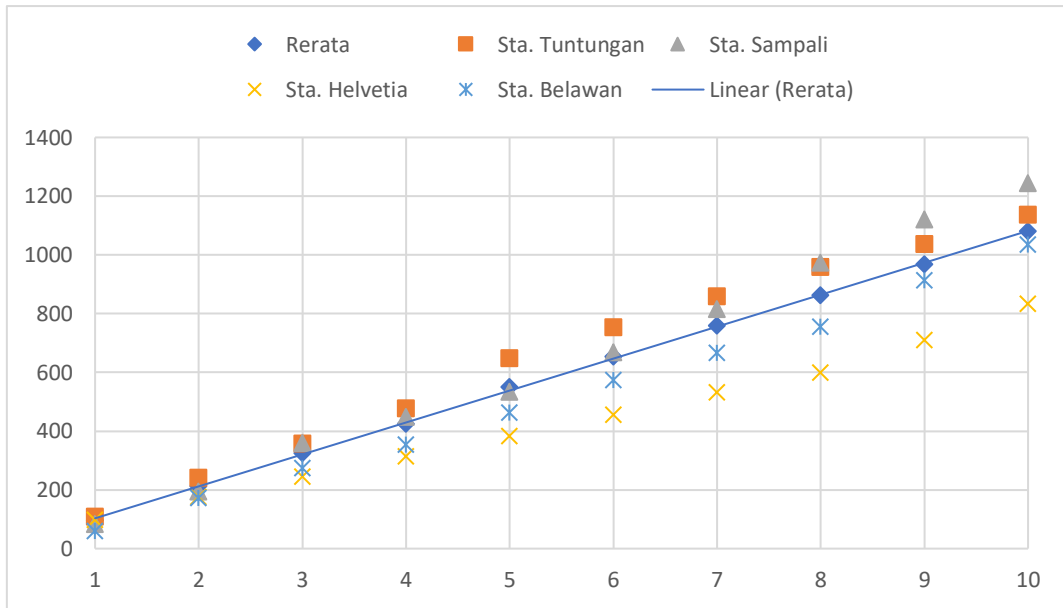
Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata curah hujan metode *Thiessen* didapat R_{max} adalah 125.1 mm, sedangkan curah hujan maksimal dan konsisten adalah 165 mm. Curah hujan ini berasal dari Stasiun Sampali.

4.2.4 Uji Konsistensi Curah Hujan

Dari data yang ada dipilih stasiun curah hujan yang tertinggi, maka perhitungan uji konsistensi curah hujan bisa dilihat dari Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Uji konsistensi setiap stasiun (Perhitungan).

Stasiun	A	ΣA	B	ΣB	C	ΣC	D	ΣD	AVG	ΣAVG
2012	108	108	83	83	97	97	59	59	96	96
2013	134	242	111	194	78	175	114	173	115	211
2014	115	357	165	359	70	245	100	273	113	324
2015	121	478	90	449	69	314	81	354	100	424
2016	170	648	84	533	69	383	109	463	125	549
2017	105	753	135	668	73	456	110	573	104	653
2018	106	859	147	815	76	532	93	666	106	759
2019	99	958	159	974	67	599	89	755	102	862
2020	79	1037	146	1120	111	710	159	914	107	968
2021	99	1136	1136	1244	124	834	120	1034	111	1079



Gambar 4.5: Grafik uji konsistensi setiap stasiun.

Berdasarkan grafik diketahui, data paling konsisten adalah data Stasiun B yakni data Stasiun Sampali.

4.2.5 Perhitungan Desain Hujan

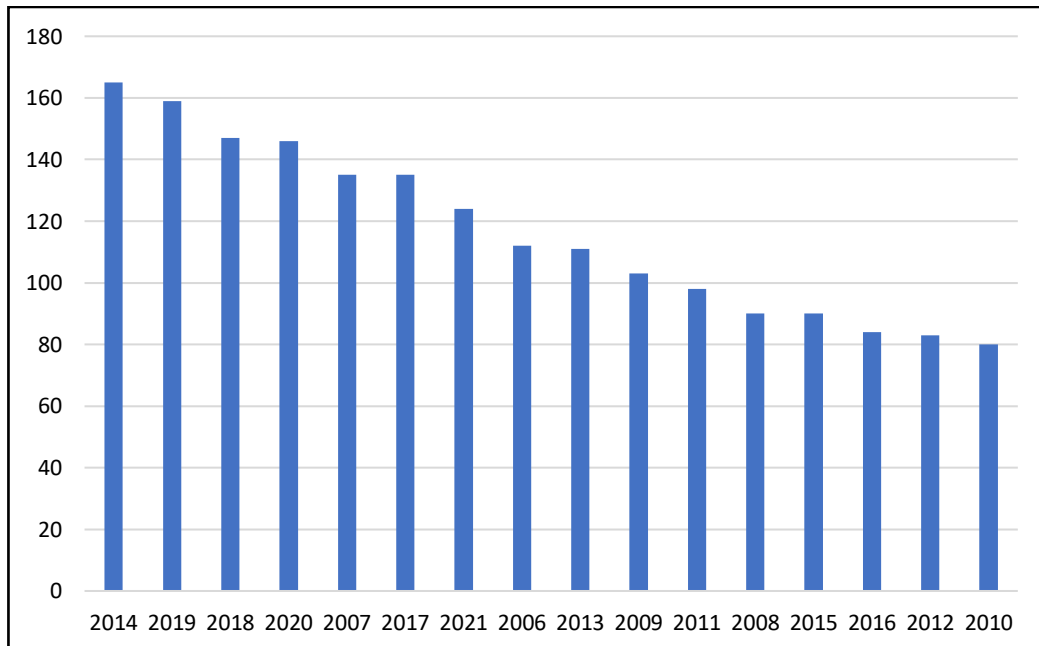
Perhitungan desain hujan di ambil dari stasiun yang memiliki data curah hujan yang paling tinggi dan yang terdekat. Dari data-data yang di peroleh stasiun Sampali merupakan wilayah yang memiliki curah hujan yang sangat tinggi. Dari data curah hujan harian stasiun sampali dapat diperoleh perhitungan Rmax Dan Log Xmas seperti perhitungan Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Nilai Rmax dan Log Xmax (Perhitungan).

Rmax	Log Xmax	Tahun
165	2.217484	2014
159	2.201397	2019

Tabel 4.9: *Lanjutan.*

Rmax	Log Xmax	Tahun
147	2.167317	2018
146	2.164353	2020
135	2.130334	2007
135	2.130334	2017
124	2.093422	2021
112	2.049218	2006
111	2.045323	2013
103	2.012837	2009
98	1.991226	2011
90	1.954243	2008
90	1.954243	2015
84	1.924279	2016
83	1.919078	2012
80	1.90309	2010



Gambar 4.6: Grafik hasil perhitungan Rmax.

Tabel 4.10: Nilai X_r , S , C_v , C_s , C_k , dan $\text{Log } S$ (Perhitungan).

Perhitungan X_r , S , C_v , C_s , C_k , dan $\text{Log } S$	
Nilai Rata-rata X_r	116.375
Standar Deviasi S	28.50701668
Koef. Varians C_v	4.082328267
Koef. Skewness C_s	0.314848112
Koef. Kurtosis C_k	-1.296330974
Standar Deviasi $\text{Log } S$ ($\text{Log } X$)	0.106495243

Setelah itu, dari hasil Tabel 4.9 dan Tabel 4.10, kita dapat menghitung X_t kala ulang 50 tahun.

Tabel 4.11: X_t kala ulang 50 tahun (Perhitungan).

t	2	5	10	15	20	25	50
G	-0.0495	0.823	1.309	1.669	1.849	2.21	2.359
$\text{Log } X_t$	2.0606	2.1535	2.2053	2.2436	2.26276	2.30121	2.39961
X_t	114.97	142.39	160.42	175.226	183.134	200.084	250.966

Untuk menentukan distribusi yang akan di pakai, maka harus melihat syarat dari ketentuan syarat distribusi Normal, Gumble dan Log Person III. Sehingga hasil perhitungan dari Tabel 4.10 dapat digunakan untuk menentukan dari syarat-syarat distribusi tersebut.

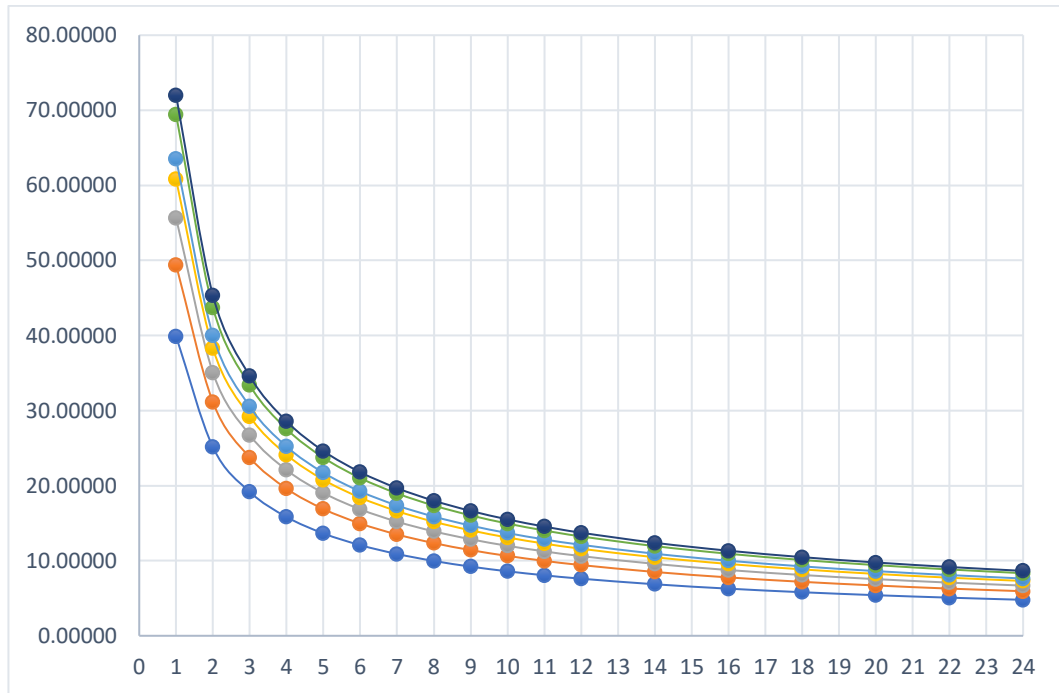
Tabel 4.12: Syarat distribusi Normal, Gumble dan Log Person III.

Distribusi	Syarat	Cek	Hasil
Normal	$-0.05 < C_s < 0.05$	Ya	Tidak
	$2.7 < C_k < 3.3$	Tidak	
Gumble	$C_s > 1.1395$	Tidak	Tidak
	$C_k > 5.4$	Tidak	
Maka dipakai distribusi:	Log Pearson III		Memenuhi syarat

Setelah itu kita menghitung lengkung intensitas hujan dengan menggunakan tabel sebagai berikut:

Tabel 4.13: Intensitas hujan kala ulang 50 tahun (Perhitungan).

T	R2	R5	R10	R15	R20	R25	R50
t	114.971	142.398	160.421	175.226	183.134	200.084	207.530
1	39.9004	49.4191	55.6739	60.8120	63.5563	69.4390	72.0230
2	25.1299	31.1249	35.0642	38.3003	40.0287	43.7337	45.3612
3	19.1751	23.7495	26.7554	29.2247	30.5435	33.3706	34.6124
4	15.8271	19.6029	22.0839	24.1221	25.2107	27.5441	28.5691
5	13.6384	16.8920	19.0299	20.7862	21.7243	23.7350	24.6183
6	12.0767	14.9578	16.8509	18.4061	19.2367	21.0173	21.7994
7	10.8967	13.4962	15.2044	16.6077	17.3571	18.9637	19.6694
8	9.96820	12.3462	13.9088	15.1924	15.8780	17.3477	17.9932
9	9.21506	11.4134	12.8579	14.0446	14.6784	16.0370	16.6338
10	8.58970	10.6388	11.9853	13.0915	13.6823	14.9487	15.5049
11	8.06063	9.98357	11.2471	12.2851	12.8395	14.0279	14.5499
12	7.60613	9.42065	10.6129	11.5924	12.1156	13.2370	13.7296
14	6.86294	8.50017	9.57600	10.4597	10.9318	11.9436	12.3880
16	6.27812	7.77583	8.75999	9.56846	10.0002	10.9258	11.3324
18	5.80378	7.18833	8.09813	8.84552	9.24469	10.10037	10.4762
20	5.40992	6.70051	7.54857	8.24523	8.61732	9.41492	9.76528
22	5.07670	6.28780	7.08363	7.73738	8.08655	8.83503	9.16380
24	4.79046	5.93327	6.68422	7.30111	7.63059	8.33687	8.64710



Gambar 4.7: Grafik Intensitas CH.

Uji Chi Kuadrat

Perlu dilakukan uji Chi Kuadrat dengan mengambil kembali nilai CH dari maks ke min.

Tabel 4.14: Nilai X dan Probilitas (Perhitungan).

n	X	Prob
1	165	5.88
2	159	11.76
3	147	17.65
4	146	23.53
5	135	29.41
6	135	35.29
7	124	41.18
8	112	47.06
9	111	52.94

Tabel 4.14: *Lanjutan.*

n	X	Prob
10	103	58.82
11	98	64.71
12	90	70.59
13	90	76.47
14	84	82.35
15	83	88.24
16	80	94.12
Total	1862	

Menentukan jumlah Kelas

$$K = 1 + 3.322 \log n$$

$$K = 2.204119983$$

$$K = 3$$

Menentukan nilai Jajaran

$$R = X \text{ maks} - X \text{ min}$$

$$R = 85 \text{ mm}$$

Menentukan Interval Kelas

$$\text{int} = R / K$$

$$\text{int} = 28.33333333 \text{ mm}$$

Perhitungan Uji Kesesuaian.

Tabel 4.15: Nilai Chi Kuadrat Chi- X^2 (Perhitungan).

Kelas	Prob.			Ef	Of	(Of-Ef) ²
1	80.00	<P<	108.33	5.3333	7	2.7776
2	108.33	<P<	136.67	5.3333	5	0.1111
3	136.67	<P<	165.00	5.3333	4	1.7778
Jumlah				16		4.6667

Nilai Chi Kuadrat $\chi^2 = 0.291667$

Kontrol:

Tabel 4.16: Kontrol χ^2 (Perhitungan).

DK	2	5	10	20	50	100
	0.50	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
	2.37	4.64	6.25	7.82	11.35	16.27
χ^2	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Kontrol	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Uji *Smirnov Kolmogorov*

Kita juga akan menguji dengan metode uji *Smirnov Kolmogorov* dengan mengambil kembali nilai CH dari maks ke min.

Tabel 4.17: X dan Prob (Perhitungan).

n	X	Prob
1	165	5.88
2	159	11.76
3	147	17.65
4	146	23.53
5	135	29.41
6	135	35.29
7	124	41.18
8	112	47.06
9	111	52.94
10	103	58.82
11	98	64.71

Tabel 4.17: *Lanjutan.*

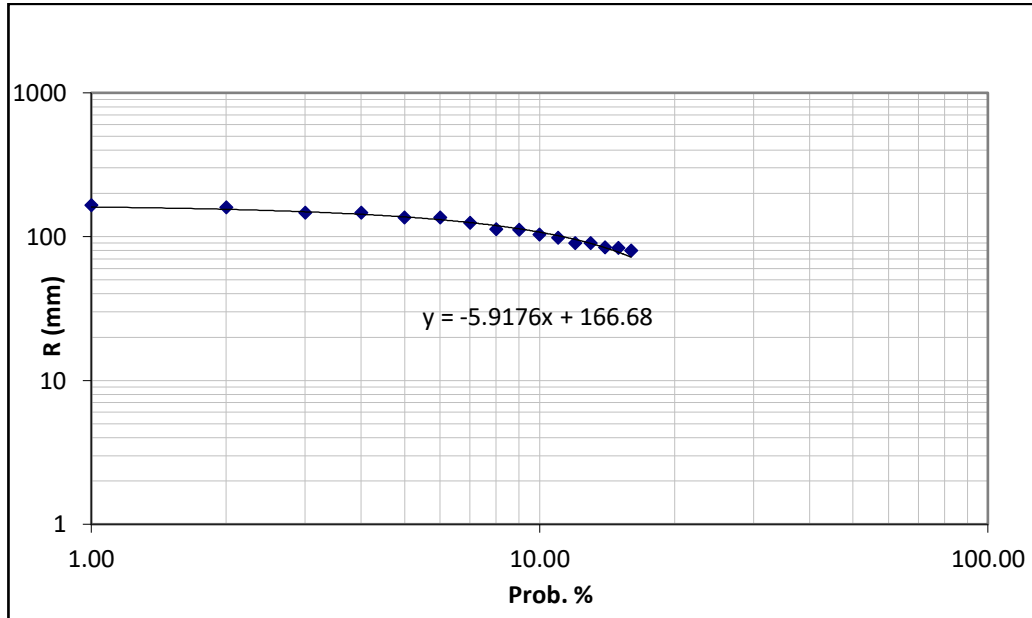
n	X	Prob
12	90	70.59
13	90	76.47
14	84	82.35
15	83	88.24
16	80	94.12
Total	1862	

Maka, uji probabilitas menghasilkan Δ

Tabel 4.18: Uji Probabilitas (Perhitungan).

n	X	Prob I	Prob II	Δ
1	165	5.88	0.28	5.59
2	159	11.76	1.29	10.47
3	147	17.65	3.33	14.32
4	146	23.53	3.49	20.04
5	135	29.41	5.35	24.06
6	135	35.29	5.35	29.94
7	124	41.18	7.12	33.96
8	112	47.06	9.24	37.2
9	111	52.94	9.41	43.53
10	103	58.82	10.67	48.06
11	98	64.71	11.61	53.10
12	90	70.59	12.96	57.63
13	90	76.47	12.96	63.51
14	84	82.35	13.97	68.38
15	83	88.24	14.14	74.094
16	80	94.12	14.65	79.470

Dari Tabel 4.18 diperoleh Total = 1862 dan $\Delta(\max) = 0.79$. sehingga kita akan melihat dari grafik apakah nilai probabilitasnya terpenuhi.



Gambar 4.8: Grafik nilai probabilitas dengan metode *Smirnov Kolmogorov*.

Persamaan terpenuhi adalah $y = -5.9176 x + 166.68$

Hasil Uji *Smirnov Kolmogorov*

Tabel 4.19: Hasil uji *Smirnov Kolmogorov* (Perhitungan).

T	α	N = 16	Cek
2	0.5	0.123	Ok
5	0.2	0.266	Ok
10	0.1	0.296	Ok
20	0.05	0.335	Ok
25	0.04	0.354	Ok
50	0.02	0.367	Ok
100	0.01	0.396	Ok

4.3 Perhitungan Debit Banjir

Perhitungan debit banjir menggunakan rumuas sebagai berikut:

$$Q_{50} = 0,00278 \times C \times I_{50} \times A$$

Dimana

Q_{50} = Debit banjir kala ulang 50 tahun

C = Koefisien limpasan

I_{50} = Intensitas CH kala ulang 50 tahun

A = Luas *Catchment* sungai pada titik tinjau

C = 0,8 (dianggap seluruh area terbangun)

$$I_{50} = \frac{R_{50}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

R_{50} diambil dari tabel 4.11 Sebesar 250,966 mm

T_c = waktu kosentrasi aliran

$$= 0,0195 (L^{0,77}) (S^{-0,385})$$

Dimana $L = 5760$ m

$$S = 0,0021$$

$$T_c = 0,0195 (5760^{0,77}) (0,0021^{-0,385})$$

$$T_c = 165,13 \text{ menit}$$

Sehingga didapat

$$I_{50} = \frac{R_{50}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

$$I_{50} = \frac{250,966}{24} \left(\frac{24}{165,13/60} \right)^{2/3}$$

$$I_{50} = 35,30 \text{ mm/jam}$$

$A = 444$ ha (diambil dari Gambar 4.1)

Jadi dapat dihitung Q_{50} menjadi

$$Q_{50} = 0,00278 \times C \times I_{50} \times A$$

$$Q_{50} = 0,00278 \times 0,8 \times 35,30 \text{ mm/jam} \times 444 \text{ ha}$$

$$Q_{50} = 34,86 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.4 Analisis Hidrolika

Dalam analisis hidrolika kita dapat mencari Q *existing* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \times A$$

Dimana Q = Debit banjir 50 tahun

V = Kecepatan aliran

A = Luas Penampang Basah

Diketahui:

$$Q_{50} = 34.86 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Mencari kecepatan aliran

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

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

$$A = b \times h$$

$$P = b + 2h$$

Dimana $b = 7.00 \text{ m}$

$$h = 3.00 \text{ m}$$

$$R = 3.00 \text{ m}$$

$$A = 21 \text{ m}^2$$

$$n = 0,01$$

$$V = \frac{1}{0,01} (3)^{2/3} (0,01)^{1/2}$$

$$V = 1,65 \text{ m/detik}$$

Jadi dapat diperoleh Q existing sebagai berikut

$$Q = V \times A$$

$$Q = 1,65 \text{ m/detik} \times 21 \text{ m}^2$$

$$Q = 34,66 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Q existing < Q₅₀ sehingga terjadi perlu dievaluasi penampang basah pada jembatan.

Usulan rekomendasi lebar gelagar jembatan, yaitu:

$$B = 8 \text{ m}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

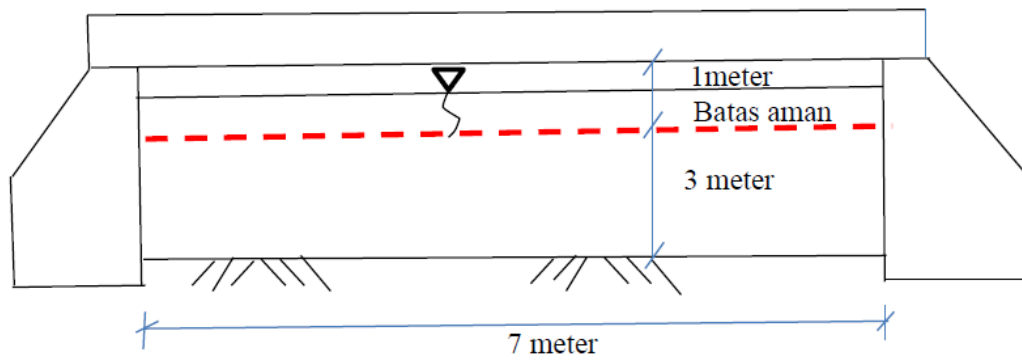
$$V = 1.65 \text{ m/s}$$

Maka,

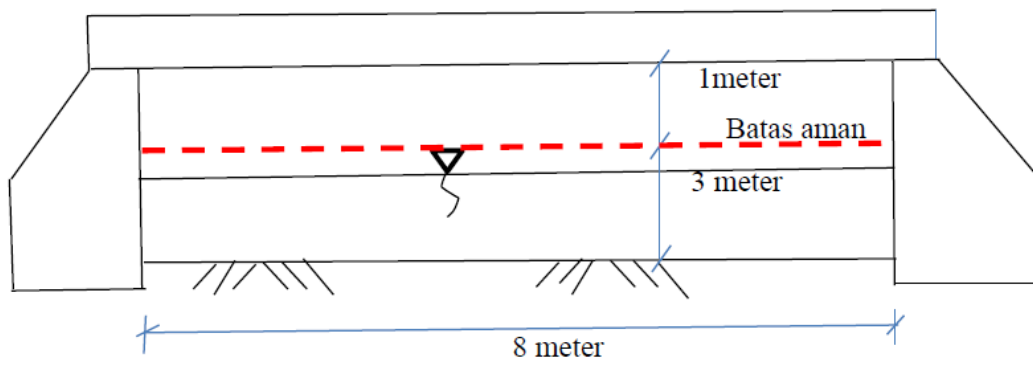
$$Q = v \times A$$

$$Q = 1.65 \times 8 \times 3$$

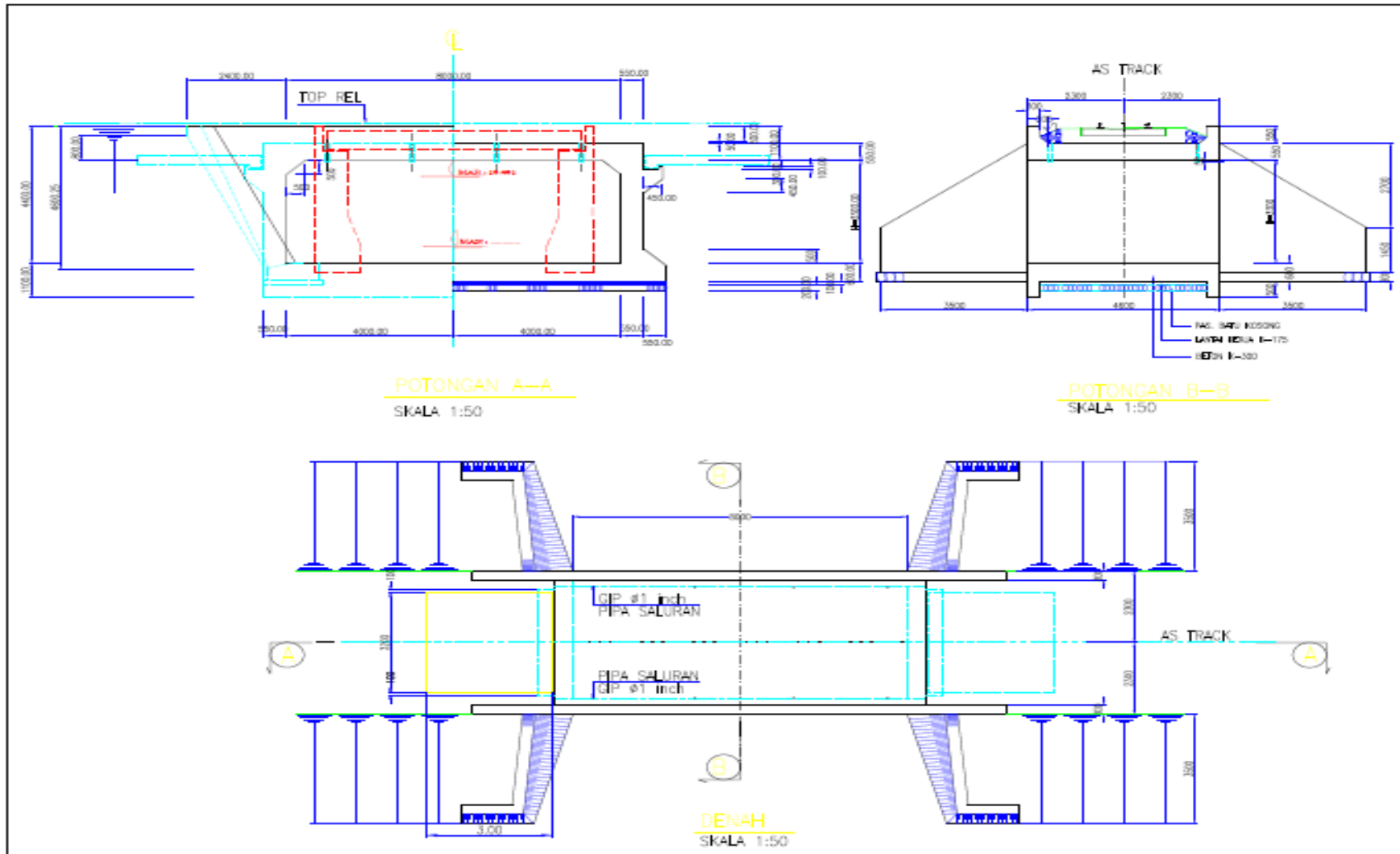
$$Q = 39,6 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (sudah memenuhi)}$$



Gambar 4.9: Ilustrasi jembatan sebelumnya.



Gambar 4.10: Ilustrasi jembatan yang direkomendasi.



Gambar 4.11: Detail jembatan yang direkomendasi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Untuk perencanaan jembatan kereta api digunakan debit kala ulang 50 tahun, diperoleh $Q_{50} = 34,86 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Berdasarkan perhitungan $Q_{existing}$ dari analisa diperoleh $Q_{existing} = 34,66 \text{ m}^3/\text{detik}$.
3. Dari hasil perhitungan di dapat $Q_{existing} < Q_{50}$ yaitu $34,66 \text{ m}^3/\text{detik} < 34,86 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang berarti jembatan perlu dilakukan penanganan khusus untuk bagian *abutment* jembatan.

5.2 Saran

1. Agar tidak terjadi elevasi banjir di kemudian hari pihak kereta PT. KAI harus bekerja sama dengan pemerintah daerah dalam rangka menjaga tata guna lahan agar tidak berubah secara signifikan sehingga mempertahankan nilai koefesien limpasan tidak lebih dari 0,8.
2. Rekomendasi pelebaran jembatan *existing* dilakukan untuk memenuhi debit banjir kala ulang 50 tahun dimana sebelumnya lebar gelagar jembatan sei putih sebesar 7 meter di ubah menjadi 8 meter.
3. Perlunya tidak lanjut dari pemerintah dan pihak PT. KAI untuk mencegah banjir di kota medan dimasa akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Suripin, (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- CD. Soemarto, (1986). “*Hidrologi Teknik*”. Erlangga. Jakarta Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. “*Kriteria Perencanaan Bangunan Air Dan Irigasi (KP 01-KP 06)*”. Jakarta
- Rahayu, (2009). *Penelusuran Banjir dan Kapasitas Pelimpah Situ Lebak wangi*, Bogor Jawa Barat. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Google Maps, (2023). “*Peta Lokasi Penelitian*”, <http://www.googlemaps.com>. diakses tanggal 20 September 2023.
- Kompas.com, (2023). “*Banjir di sei Putih*”. <https://regional.kompas.com>. diakses tanggal 04 Oktober 2023
- 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>.
- Mustofa, M.A., (2002). *Identifikasi Sifat Curah Hujan di Wilayah Medan. Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Vol. 2 No. 4, Oktober-Desember 2022.* Hal. 36-46.
- Joyce, M. W. dan Adidarma, W., (1982). *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Bandung: Penerbit Nova.

- Sobriyah, (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., (2005). *Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Rancangan DI Daerah Aliran Sungai Kodina*. Majalah Ilmiah, Universitas Tadulako, Palu.
- Yunianta, A., (2016). *Analisa Sistem Pengendalian Banjir Daerah Aliran Sungai (DAS) APO Kota Jayapura Propinsi Papua*. Ilmiah Teknik Dan Informatika, 2(1), 1–7.
- Heriawan, Nandang., (2006). *Cuaca dan Iklim*. Tasikmalaya, Prodi FKIP Universitas Siliwangi.
- Kementrian Pekerjaan Umum, (2014). *Permen PU No. 12 Tahun 2014, Tentang Drainase Perkotaan*.

LAMPIRAN



Gambar L.1: Gambar jembatan tampak samping.



Gambar L.2: Gambar pondasi dan jembatan sei putih.



Gambar L.3: Gambar sungai.



Gambar L.4: Gambar jembatan tampak atas.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI	
Nama	Yenny Lestari Girsank
Tempat, Tanggal Lahir	Banjarmasin, 19 September 1989
Jenis Kelamin	Perempuan
Agama	Islam
Alamat	Lingkungan II Kelurahan Indrasakti, Kecamatan Air Putih, Kabupaten Batubara, Sumatera Utara
No.Hp	082164772479
Email	yennytarigan99@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN	
Nomor Pokok Mahasiswa	2207210227P
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 1 Pancur Batu	1998
2	SMP Negeri 1 Air Putih	2004
3	SMK Negeri 1 Air Putih	2007
4	Politeknik Negeri Medan	2010
5	Melanjutkan Pendidikan Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2022 Sampai Selesai