

**ANALISIS PENGENDALIAN DEBIT BANJIR
SUNGAI PADANG DI KOTA TEBING TINGGI**

SKRIPSI

OLEH :

**FRENGKI PARULIAN SIREGAR
12.811.0056**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2017**

**ANALISIS PENGEDALIAN DEBIT BANJIR
SUNGAI PADANG DI KOTA TEBING TINGGI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai bahan Sidang Sarjana dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Universitas Medan Area

Disusun oleh :

FRENGKI PARULIAN SIREGAR

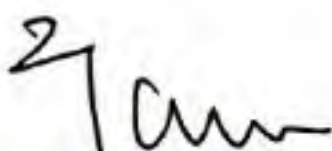
12.811.0056

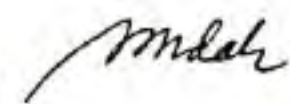


Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Ir. Kamaluddin Lubis., MT)



(Ir. Nurmaidah., MT)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ka. Prodi Teknik Sipil


(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc)


(Ir. Kamaluddin Lubis., MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaedah dan etika penulisan ilmiah.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi yang akan dikenakan kepada saya termasuk pencabutan gelar akademik yang nanti saya dapatkan.



Medan, 27 November 2017



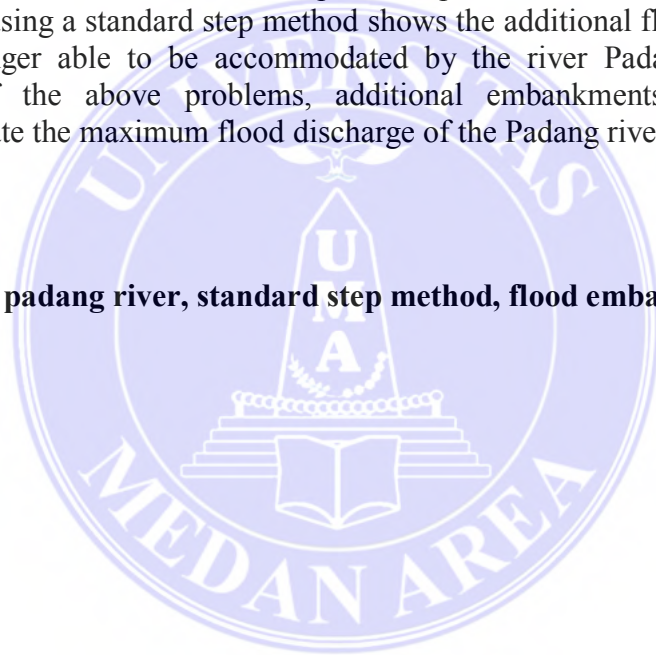
F. Parulian

FRENGKY PARULIAN SIREGAR
NPM. 12.811.0056

ABSTRACT

Often the weather is a flood in Kota Tebing Tinggi due to the overflow of the river plain, very attractive for use solutions countermeasures research on the problem of flooding rivers Padang in Tebing Tinggi, starting with the primary and secondary data relating to location and inventory of rainfall data and the data of existing conditions of the river . Furthermore, the frequency analysis of rainfall and flood discharge calculation method plan Mean Annual Flood, melchior and haspers. From the analysis of flood discharge, to plan formidable floods are used debit flood return period of 25 years with the method of Mean Annual Flood $Q_{25} = 335.792 \text{ m}^3 / \text{sec}$, the method of combination of methods Melchior-Log Pearson III $Q_{25} = 450.197 \text{ m}^3 / \text{sec}$ and methods concept Melchior-Haspers $Q_{25} = 519.971 \text{ m}^3 / \text{sec}$, the search method Haspers-Log Pearson III $Q_{25} = 1,280,405 \text{ m}^3 / \text{sec}$ and a combination Haspers Haspers $Q_{25} = 1,478,847 \text{ m}^3 / \text{sec}$. The result using a standard step method shows the additional flood level elevation was no longer able to be accommodated by the river Padang. Based on the analysis of the above problems, additional embankments are required to accommodate the maximum flood discharge of the Padang river.

Keywords: padang river, standard step method, flood embankment



ABSTRAK

Sering terjadinya banjir di Kota tebing Tinggi akibat luapan sungai padang, sangat menarik sekali untuk dikaji secara mendalam guna mencari solusi penanggulangannya. Penelitian tentang permasalahan banjir sungai Padang di Kota Tebing Tinggi ini, diawali dengan pengumpulan data primer dan sekunder yang berkenaan dengan lokasi serta inventarisasi data curah hujan dan data kondisi eksisting sungai. Selanjutnya dilakukan analisa frekuensi curah hujan dan dilakukan perhitungan debit banjir rencana dengan metode Mean Annual Flood, melchior dan haspers. Dari hasil analisa debit banjir rancangan, untuk merencanakan tanggul banjir digunakan debit banjir kala ulang 25 tahun dengan metode Mean Annual Flood $Q_{25} = 335,792$ m³/detik, sedangkan kombinasi metode Melchior-Log Pearson III $Q_{25} = 450,197$ m³/detik dan kombinasi metode Melchior-Haspers $Q_{25} = 519,971$ m³/detik, kombinasi metode Haspers-Log Pearson III $Q_{25} = 1.280,405$ m³/detik dan kombinasi Haspers Haspers $Q_{25} = 1.478,847$ m³/detik. Hasil perhitungan dengan menggunakan *standard step method* menunjukkan bahwa terjadi penambahan elevasi muka air banjir yang sudah tidak mampu lagi untuk ditampung oleh sungai Padang. Berdasarkan hasil analisa permasalahan di atas maka diperlukan penambahan tinggi tanggul supaya dapat menampung debit banjir maksimum sungai Padang.

Kata kunci: sungai padang, *standard step method*, tanggul banjir

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini.

Adapun judul dari Skripsi ini adalah “Analisis Pengendalian Debit Banjir Sungai Padang di Kota Tebing Tinggi”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata I Universitas Medan Area.

Dalam penulisan Laporan Skripsi ini penulis menyadari banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis hanya dapat mengucapkan terima kasih atas segala jerih payah, motivasi dan doa yang diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.A. Yakub Matondang, MA., selaku Rektor Universitas Medan Area;
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing I;
4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT., selaku Dosen Pembimbing II;
5. Bapak/Ibu Dosen dan tenaga administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
6. Pihak Kementerian Pekerjaan Umum Balai Wilayah Sungai Sumatera II;
7. Keluarga saya, terutama kepada kedua orang tua saya, Istri dan anak tercinta, serta kakak dan adik-adik, yang telah memberikan motivasi, semangat dan

nasehat kepada saya, Terima kasih atas doa yang tidak bosannya yang diberikan kepada saya. Tanpa dukungan mereka, skripsi ini tidak akan selesai tepat waktu.

8. Teman-teman seperjuangan yang telah banyak membantu dan memberikan semangat.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kurangnya pemahaman penulis dalam hal ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca demi perbaikan menjadi lebih baik.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Medan, 27 November 2017

Hormat saya,

FRENGKI PARULIAN SIREGAR
NPM. 12.811.0056

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	3
1.3. Permasalahan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Pengambilan Data	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Analisis Hidrologi	7
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)	7
2.3. Curah Hujan Rencana	8
2.3.1. Metode Rata-Rata Aljabar	9
2.3.2. Metode Poligen <i>Thieseen</i>	10
2.3.3. Metode Rata-Rata <i>Isoyet</i>	12
2.4. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata.....	13
2.5. Perbaikan Data.....	14
2.5.1. Pengisian Data Hilang	14

2.5.2. Pemeriksaan Konsistensi Data	16
2.6. Analisis Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	18
2.6.1. Parameter Statistik Sebaran Normal	18
2.6.2. Parameter Statistik Sebaran Logaritmatik	18
2.7. Distribusi Frekuensi Curah Hujan	20
2.7.1. Distribusi Normal	20
2.7.2. Distribusi Log Normal	20
2.7.3. Distribusi Gumbel	21
2.7.4. Distribusi Log Pearson III	22
2.8. Intensitas Curah Hujan.....	22
2.8.1. Menurut Dr. <i>Mononobe</i>	23
2.8.2. Menurut Sherman	23
2.8.3. Menurut <i>Talbot</i>	24
2.8.4. Menurut <i>Ishiguro</i>	24
2.9. Analisa Debit Banjir.....	25
2.9.1. Metode Haspers	25
2.9.2. Metode Melchior	26
2.9.3. Metode Mean Annual Flood (MAF)	27
2.10. Perhitungan Profil Aliran	28
2.10.1. Metode Integrasi Grafis	29
2.10.2. Metode Tahapan Lansung	29
2.10.3. Metode Tahapan Standar	30
2.11. Tanggul	32
2.11.1. Trase Tempat Kedudukan Tanggul	32
2.11.2. Penampang Tanggul	34

2.11.3.	Stabilitas Tanggul	37
2.11.4.	Perkuatan Tebing	38
2.11.5.	Pondasi	40
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1.	Lokasi Penelitian	41
3.2.	Metodologi Penelitian.....	42
3.3.	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	45
3.3.1.	Parameter Statistik Sebaran Normal	45
3.3.2.	Parameter Statistik Sebaran Logaritmatik	45
3.4.	Analisa Debit Banjir	47
3.4.1.	Meode Empiris	48
3.4.1.1	Metode Haspers	48
3.4.1.2	Metode Melchior	48
3.4.1.3	Metode Mean Annual Flood (MAF)	49
3.5.	Perhitungan Tinggi Muka Air Rencana.....	51
3.6.	Perencanaan Tanggul	52
3.6.1	Tinggi Tanggul	53
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1.	Analisa Data Curah Hujan.....	54
4.1.1	Analisa Curah Hujan Metode Thieseen	58
4.2.	Penentuan Pola Distribusi Hujan.....	60
4.3.	Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	66
4.3.1	Perhitungan Curah Hujan Rencana Dengan Menggunakan Metode Log Pearson Type III	66

4.3.1.1	Perhitungan Logaritma Hujan Rencana	68
4.3.2	Perhitungan Curah Hujan Dengan Metode Haspers	70
4.4.	Perhitungan Debit Banjir	73
4.4.1	Perhitungan Debit Banjir Rencana Dengan Metode Haspers	73
4.4.2	Perhitungan Debit Banjir Rencana Dengan Metode Mean Annual Flood (MAF)	88
4.4.3	Perhitungan Debit Banjir Rencana Dengan Metode Melchior	95
4.5.	Perhitungan Tinggi Elevasi Muka Air Banjir	115
4.6.	Perencanaan Tinggi Tanggul	120
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	125
5.1.	Kesimpulan	125
5.2.	Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	126

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran	19
Tabel 2.2. Faktor Reduksi AFR	27
Tabel 2.3. Grown Faktor (GF)	28
Tabel 2.4. Perkiraan Kedalaman Kerusan (m).....	40
Tabel 3.1. Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran	46
Tabel 3.2. Faktor Reduksi AFR	50
Tabel 3.3. Grown Faktor (GF)	50
Tabel 4.1. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Gunung Pamela.....	55
Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kebun Pabatu.....	56
Tabel 4.3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Kebun Rambutan	57
Tabel 4.4. Luasan Poligon Thiessen	58
Tabel 4.5. Curah Hujan Rata-rata Harian Maksimum Metode Poligon Thiessen	59
Tabel 4.6. Urutan Peringkat Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata Metode Poligon Thiessen.....	60
Tabel 4.7. Parameter Statistik Dengan Sebaran Normal	61
Tabel 4.8. Parameter Statistik Dengan Sebaran Logarimatik.....	63
Tabel 4.9. Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran	65
Tabel 4.10. Harga k Untuk <i>Log Pearson III</i>	67
Tabel 4.11. Harga k Untuk Harga $C_s = 0,084$	68
Tabel 4.12. Ringkasan Hujan Rancangan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 Tahun Metode Log Person III	69
Tabel 4.13. Standar Variabel (μ)	70

Tabel 4.14. Tabel Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Haspers	70
Tabel 4.15. Ringkasan Hujan Rancangan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 Tahun	
Metode Haspers	72
Tabel 4.16. Ringkasan Hujan Rancangan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 Tahun	
Metode Log Pearson III dan metode Haspers.....	72
Tabel 4.17. Ringkasan debit banjir sungai Padang metode Haspers-Haspers	76
Tabel 4.18. Ringkasan debit banjir sungai Padang Metode Haspers -	
Log Pearson III	77
Tabel 4.19. Ringkasan debit banjir sungai Sibarau metode Haspers-Haspers.....	79
Tabel 4.20. Ringkasan debit banjir sungai Sibarau metode Haspers -	
Log Pearson III	80
Tabel 4.21. Ringkasan debit banjir sungai Kelembah metode Haspers-	
Haspers.....	83
Tabel 4.22. Ringkasan debit banjir sungai Kelembah metode Haspers-	
Log Pearson III	84
Tabel 4.23. Ringkasan debit banjir sungai Bahilang metode Haspers -	
Haspers-Haspers	87
Tabel 4.24 Ringkasan debit banjir sungai Bahilang metode Haspers-	
Log Pearson III	88
Tabel 4.25. Data curah hujan maksimum rata-rata tiap stasiun.....	89
Tabel 4.26. Grown Factor	90
Tabel 4.27. Hubungan F dengan I_1	96
Tabel 4.28. Ringkasan debit banjir sungai metode M.A.F.	113
Tabel 4.29. Ringkasan debit banjir sungai metode Melchior - Log Pearson III.....	114
Tabel 4.30. Ringkasan debit banjir sungai metode Melchior-Haspers	114

Tabel 4.31. Ringkasan debit banjir sungai metode Haspers- Log Pearson III.....	114
Tabel 4.32. Ringkasan debit banjir sungai metode Haspers-Haspers.....	114
Tabel 4.33 Perbandingan debit banjir (Q25) hasil evaluasi dengan debit banjir master plant pengendalian banjir Kota Tebing Tinggi	115
Tabel 4.34 Perhitungan tinggi energi (H1) degan metode tahapan standar.....	118
Tabel 4.35. Tinggi Jagaan Standard Tanggul	120
Tabel 4.36. Perencanaan tinggi tanggul.....	121



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Sketsa Stasiun Curah Hujan Cara Rata-rata Aljabar.....	9
Gambar 2.2. Metode Poligon <i>Thiessen</i>	11
Gambar 2.3. Metode <i>Isohyet</i>	13
Gambar 2.4. Stasiun Hujan Untuk Koreksi Data	15
Gambar 2.5. Analisis Kurva Massa Ganda	17
Gambar 2.6. Daerah Sungai	34
Gambar 2.7. Konstruksi Perkuatan Tebing/Lereng	40
Gambar 3.1. Peta Lokasi	42
Gambar 3.2. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	44
Gambar 3.3. Perencanaan Tinggi Tanggul.....	53
Gambar 4.1. Pembagian Stasioning Sungai Padang	115
Gambar 4.2. Gambaran Besar Debit Di Setiap Sungai	117

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Tebing Tinggi sebagai salah satu kota yang dilalui aliran sungai padang termasuk suatu wilayah yang rawan banjir. Masalah ini disebabkan karena sungai padang tidak mampu lagi menampung debit air yang mengalir di sungai padang. Hal ini tentu dapat mempengaruhi dan mengurangi tingkat kenyamanan masyarakat sekitar yang bermukim atau beraktifitas disekitar wilayah tersebut.

Seringnya terjadinya banjir, sangat menarik sekali untuk dikaji secara mendalam guna mencari solusi penanggulangannya. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kejadian banjir; yakni faktor hujan, faktor perubahan tata guna lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Faktor perencanaan pembangunan /pengendalian banjir di alur sungai. Faktor hujan yakni tingkat kekerasan, sebaran serta waktu turunnya merupakan faktor yang sifatnya makro dan external yang sulit untuk diadakan perubahan oleh rekayasa manusia. Faktor perubahan tata guna lahan di DAS juga dipahami sangat erat hubungannya dengan banjir, dimana semakin rusak suatu DAS karena penebangan/penggundulan hutan, pembangunan pemukiman besar-besaran, pembukaan areal untuk perkebunan dan lain-lain, maka semakin meningkat intensitas banjir di DAS tersebut. Sedangkan faktor pembangunan / pengendalian banjir di alur sungai juga merupakan faktor yang sangat dominan, yang mana dalam upaya pencegahan terhadap bahaya banjir dan

sedimentasi, serta mengendalikan dan mengusahakan agar alur sungai senantiasa dalam keadaan stabil.

Sungai Padang mempunyai alur yang berkelok-kelok (meander) dengan panjang aliran sungai utama sekitar $\pm 58,25$ Km dengan catchment area $\pm 515,75$ Km². Sungai Padang merupakan sungai utama yang melewati Kota Tebing Tinggi yang mempunyai beberapa anak sungai seperti Sungai Sibarau, Sungai Kalembah, Sungai Bahilang dan Sungai Bah Sombu.

Pemanfaatan air Sungai Padang saat ini juga dipergunakan untuk pengairan irigasi persawahan D.I. Bajayu, D.I. Paya Lombang dan D.I. Langau melalui free intake, Salah satu permasalahan utama DAS Padang yang mendesak untuk ditangani adalah banjir akibat luapan Sungai Padang yang tiap tahun rutin terjadi, serta buruknya drainage Kota Tebing Tinggi. Banjir menggenangi sekitar 10 kelurahan di Kota Tebing Tinggi hingga ketinggian 120 cm dan kejadian banjir yang terjadi, merendam ratusan rumah warga di Kota Tebing Tinggi. Banjir yang seolah telah menjadi rutinitas tahunan, dampaknya menimbulkan kerugian baik terhadap manusia, kerusakan materi dan lingkungan.

Penanganan DAS Padang yang terpadu dari hulu ke hilir diupaya untuk mengatasi banjir tidak melulu difokuskan hanya pada penanganan dampak banjir, namun juga disertai dengan upaya-upaya penanganan daerah-daerah resapan di wilayah Sub DAS yang telah mengalami degradasi dan teridentifikasi sebagai sebuah kesatuan sistem tata air berpengaruh terhadap pasokan air banjir ke sungai utama.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan utama penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengevaluasi tinggi tanggul sungai padang Kota Tebing Tinggi apakah masih mampu menampung debit banjir maksimum.
2. Untuk merencanakan tinggi tanggul banjir akibat pengaruh debit banjir maksimum sungai padang Tebing Tinggi.

1.3 Permasalahan

1. Berapa debit banjir maksimum yang terjadi akibat curah hujan maksimum Sungai Padang Kota Tebing Tinggi.
2. Apakah tanggul banjir sungai Padang Tebing Tinggi masih mampu mengendalikan banjir serta bagaimana disain tanggul banjir yang tepat agar dapat mengendalikan banjir akibat debit banjir maksimum sungai Padang.
3. Bagaimana pengaruh debit banjir terhadap tanggul banjir.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, perlu dilakukan pembatasan masalah yang wajar dan dapat dipertanggungjawabkan sehingga penelitian ini akan lebih jelas dan terarah secara benar pada tujuan utamanya. Pembatasan masalah tersebut berupa:

1. Curah hujan yang diambil pada penelitian ini adalah curah hujan maksimum harian selama 10 tahun.
2. Tanggul banjir yang direncanakan adalah tanggul yang dapat mengendalikan debit banjir 25 tahunan.

3. Upaya pengendalian banjir dilakukan dengan menganalisa tinggi tanggul sungai Padang Tebing Tinggi yang direncanakan akibat pengaruh debit banjir maksimum sungai padang.

1.5 Metodologi Pengambilan Data

Metode yang dilakukan pada penelitian ini terlebih dahulu mencari informasi tentang kondisi banjir yang sering terjadi di Kota Tebing Tinggi, kemudian mengumpulkan data yang berhubungan dengan debit dan data hidrologi dan menganalisa data sedemikian rupa untuk mendapatkan kesimpulan akhir. Data – data yang terkait dengan kondisi lokasi penelitian sangat mendukung penyelesaian penelitian ini. Oleh karena itu, langkah awal yang dilakukan penulis adalah mencari informasi untuk mengetahui sumber-sumber data yang diperlukan, serta megumpulkan data yang dibutuhkan.

Adapun sistematika yang dilakukan dalam pengumpulan data sebagai berikut:

1. Mengumpulkan beberapa literatur dari buku dan makalah, jurnal yang berkenaan dengan penelitian khususnya terkait pengendalian banjir.
2. Mengumpulkan data – data yang diperlukan seperti data curah hujan, data hidrologi, Luas DAS, luas Cathman Area dan data pendukung lainnya. Data-data tersebut didapat dari instansi terkait, lembaga masyarakat, dan pihak terkait yang berhubungan dengan penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun metode dan sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Menjelaskan kerangka pemikiran yang melandasi seluruh penulisan skripsi ini. Pada Bab 1 berisikan Latar Belakang Penulisan, Tujuan Penulisan, Permasalahan, Ruang Lingkup Penelitian, Metode Penulisan, dan Manfaat Penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian agar dapat memberikan gambar model dan metode analisis yang akan digunakan dalam menganalisa masalah.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini menguraikan tentang metode yang akan digunakan, rencana kerja dari penelitian ini dan mendeskripsikan lokasi penelitian.

Bab IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini merupakan analisa tentang permasalahan, evaluasi, dan perhitungan terhadap masalah yang ada dilokasi penelitian.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Merupakan kesimpulan dari butir-butir kesimpulan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan. Kesimpulan juga disertai dengan rekomendasi saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya atau untuk penerapan hasil penelitian di lapangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah bidang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Faktor hidrologi yang berpengaruh pada wilayah hulu adalah curah hujan (presipitasi). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya (Soemarto, 1995).

Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi Daerah Aliran Sungai. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim maupun yang wajar yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain.

2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (*catchment area, basin, watershed*) adalah daerah di mana semua air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Aliran air tersebut tidak hanya berupa air permukaan yang mengalir di dalam alur sungai, tetapi termasuk juga aliran di lereng-lereng bukit yang mengalir menuju alur sungai sehingga daerah tersebut dinamakan daerah aliran sungai. Daerah tersebut umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan air permukaan. Batas DAS tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Sri Harto, 1993).

Penamaan sebuah DAS ditandai dengan nama sungai yang bersangkutan dan dibatasi oleh titik kontrol, yang umumnya merupakan stasiun hidrometri. Dalam praktek, penetapan batas DAS sangat diperlukan untuk menetapkan batas-batas DAS yang akan dianalisis. Penetapan tersebut mudah dilakukan dari peta topografi. Peta topografi merupakan peta yang memuat semua keterangan tentang suatu wilayah tertentu, baik jalan, kota, desa, sungai, jenis tumbuh-tumbuhan, tata guna lahan lengkap dengan garis-garis kontur. Dari peta ditetapkan titik-titik tertinggi di sekeliling sungai utama (*main stream*) yang dimaksud, dan masing-masing titik tersebut dihubungkan satu dengan yang lainnya sehingga membentuk garis utuh yang bertemu ujung pangkalnya. Garis tersebut merupakan batas DAS di titik kontrol tertentu (*Sri Harto, 1993*).

2.3. Curah Hujan Rencana

Data curah hujan merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan pengendalian banjir. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan tersebut adalah curah hujan area dan dinyatakan dalam satuan mm (*Sosrodarsono, 2003*).

Curah hujan area tersebut harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Berikut adalah beberapa metode perhitungan curah hujan area dari pengamatan curah hujan di beberapa titik :

2.3.1 Metode Rata-Rata Aljabar

Metode rata-rata aljabar adalah perhitungan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran curah hujan di stasiun hujan di dalam area tersebut. Metode tersebut didasarkan pada asumsi bahwa semua stasiun hujan mempunyai pengaruh yang setara. Metode tersebut akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika topografi rata atau datar, stasiun hujan banyak dan tersebar secara merata di area tersebut serta hasil penakaran masing-masing stasiun hujan tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh stasiun hujan di seluruh area.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n} \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

di mana :

- \bar{R} = curah hujan rata-rata DAS (mm).
- R_1, R_2, R_n = curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm).
- n = banyaknya stasiun hujan.



Gambar 2.1 Sketsa Stasiun Curah Hujan Cara Rata-rata Aljabar

Sumber : Soemarto, 2011

2.3.2 Metode Poligon Thiessen

Metode perhitungan berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Metode tersebut memberikan proporsi luasan daerah pengaruh stasiun hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat. Metodenya didasarkan pada asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linear dan stasiun hujannya dianggap dapat mewakili kawasan terdekat (*Suripin, 2004*).

Metode tersebut cocok jika stasiun hujan tidak tersebar merata dan jumlahnya terbatas dibanding luasnya. Cara tersebut adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobot atau koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (*Soemarto, 1999*) :

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \dots\dots\dots (2.2)$$

di mana :

C = Koefisien *Thiessen*.

A_i = Luas daerah pengaruh dari stasiun pengamatan i (km²).

A_{total} = Luas total dari DAS (km²).

Langkah-langkah metode *Thiessen* sebagai berikut :

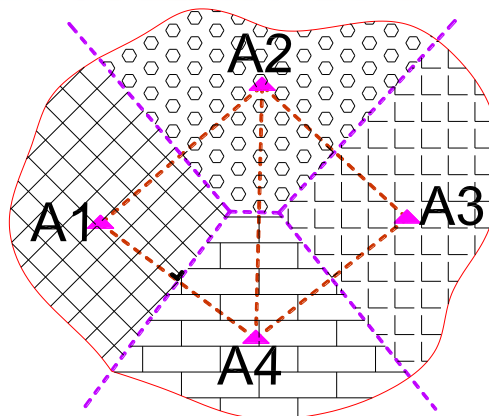
- a. Lokasi stasiun hujan di plot pada peta DAS. Antar stasiun dibuat garis lurus penghubung.

- b. Tarik garis tegak lurus di tengah-tengah tiap garis penghubung sedemikian rupa, sehingga membentuk poligon *Thiessen*. Semua titik dalam satu poligon akan mempunyai jarak terdekat dengan stasiun yang ada di dalamnya dibandingkan dengan jarak terhadap stasiun lainnya. Selanjutnya, curah hujan pada stasiun tersebut dianggap representasi hujan pada kawasan dalam poligon yang bersangkutan.
- c. Luas areal pada tiap-tiap poligon dapat diukur dengan planimeter dan luas total DAS (A) dapat diketahui dengan menjumlahkan luas poligon.
- d. Hujan rata-rata DAS dapat dihitung dengan rumus :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

di mana :

- \bar{R} = Curah hujan maksimum rata-rata DAS (mm).
- A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaruh dari setiap stasiun hujan (km²).
- R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm).
- n = Banyaknya stasiun hujan.



Gambar 2.2 Metode Poligon *Thiessen*

2.3.3 Metode Rata – Rata *Isohyet*

Metode perhitungan dengan memperhitungkan secara aktual pengaruh tiap-tiap stasiun hujan dengan kata lain asumsi metode *Thiessen* yang menganggap bahwa tiap-tiap stasiun hujan mencatat kedalaman yang sama untuk daerah sekitarnya dapat dikoreksi. Metode tersebut cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur (*Suripin, 2004*).

Prosedur penerapan metodenya meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Plot data kedalaman air hujan untuk tiap stasiun hujan pada peta.
- b. Gambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air hujan yang sama. Interval *Isohyet* yang umum dipakai adalah 10 mm.
- c. Hitung luas area antara dua garis *Isohyet* yang berdekatan dengan menggunakan planimeter. Kalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua *Isohyet* yang berdekatan.
- d. Hitung hujan rata-rata DAS dengan rumus :

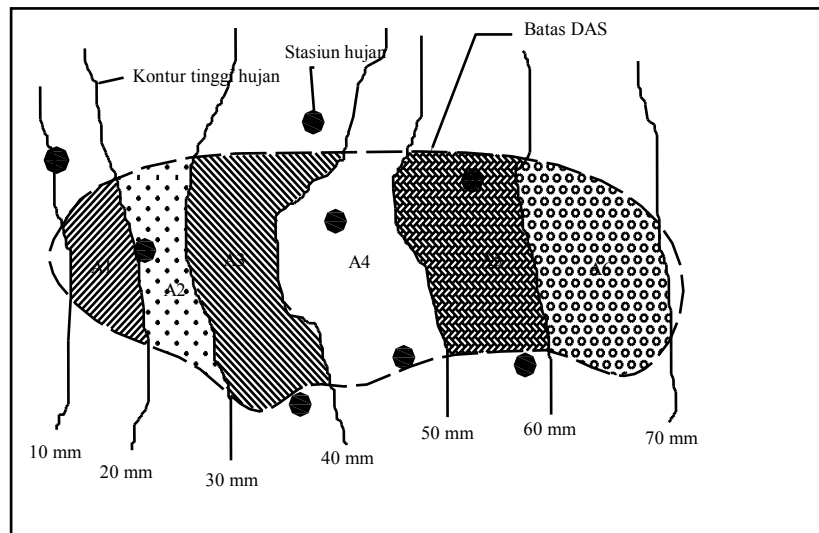
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

di mana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm).

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di garis *Isohyet* (mm).

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh *Isohyet-Isohyet* (Km²).



Gambar 2.3 Metode *Isohyet*

Jika stasiun hujannya relatif lebih padat dan memungkinkan untuk membuat garis *Isohyet* maka dengan metode tersebut akan diperoleh hasil yang lebih teliti. Peta *Isohyet* harus mencantumkan sungai-sungai utamanya, garis-garis kontur dan mempertimbangkan topografi, arah angin, dan lain-lain di daerah bersangkutan. Jadi untuk membuat peta *Isohyet* yang baik, diperlukan pengetahuan, keahlian dan pengalaman yang cukup (Sosrodarsono, 2003).

2.4. Curah Hujan Maksimum Harian Rata-Rata

Metode atau cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata DAS adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu pos hujan.
- b. Cari besarnya curah hujan pada tanggal-bulan-tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.
- c. Hitung hujan DAS dengan salah satu cara yang dipilih.
- d. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang lain.

e. Ulangi langkah 2 dan 3 setiap tahun.

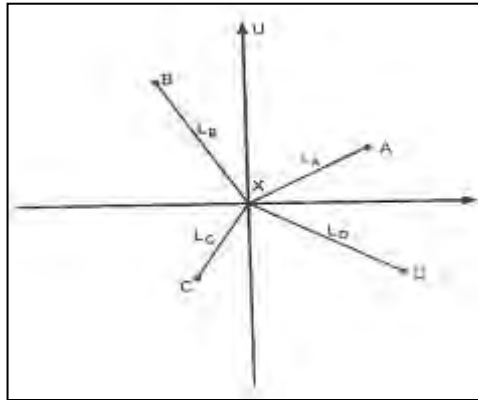
Dari hasil rata-rata yang diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih yang tertinggi setiap tahun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan (*Suripin, 2004*).

2.5. Perbaikan Data

Pada saat pengukuran hujan sering dialami dua masalah. Permasalahan pertama adalah tidak tercatatnya data hujan karena rusaknya alat atau pengamat tidak mencatat data. Masalah kedua adalah karena adanya perubahan kondisi di lokasi pencatatan selama suatu periode pencatatan, seperti pemindahan atau perbaikan stasiun, perubahan prosedur pengukuran atau karena penyebab lain. Kedua masalah tersebut perlu diselesaikan dengan melakukan koreksi berdasarkan data dari beberapa stasiun di sekitarnya.

2.5.1 Pengisian Data Hilang

Data hujan yang hilang di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar data dari tiga atau lebih stasiun terdekat disekitarnya. Gambar 2.4 adalah stasiun x dan beberapa stasiun di sekelilingnya. Berikut diberikan dua cara untuk melakukan koreksi data.



Gambar 2.4 Stasiun Hujan Untuk Koreksi Data

- a. Metode perbandingan normal (*normal ratio method*)

Data yang hilang diperkirakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{p_x}{N_x} = \frac{1}{n} \left(\frac{p_1}{N_1} + \frac{p_2}{N_2} + \frac{p_3}{N_3} + \dots + \frac{p_n}{N_n} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

di mana :

p_x = hujan yang hilang di stasiun x .

p_1, p_2, p_n = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama.

N_x = hujan tahunan di stasiun x .

N_1, N_2, \dots, N_n = hujan tahunan di stasiun sekitar x .

n = jumlah stasiun hujan di sekitar x .

- b. *Reciprocal method*

Metode tersebut menggunakan data curah hujan referensi dengan mempertimbangkan jarak stasiun yang akan dilengkapi datanya dengan stasiun referensi tersebut atau dengan persamaan matematis sebagai berikut :

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \dots\dots\dots (2.6)$$

di mana :

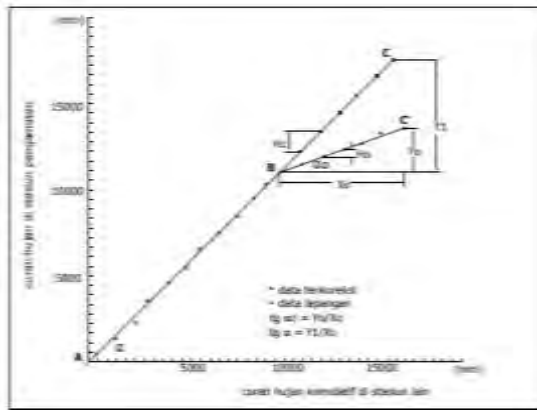
P_x = hujan di stasiun x yang akan dilengkapi.

P_i = hujan di stasiun referensi yang akan dilengkapi.

L_i = jarak stasiun referensi dengan data stasiun x.

2.5.2 Pemeriksaan Konsistensi Data

Uji konsistensi data dilakukan terhadap data curah hujan tahunan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan. Penyimpangan tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan Metode Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*). Pada metode tersebut hubungan antara seri waktu dengan data curah hujan dianggap linier. Data curah hujan tahunan jangka waktu yang panjang dari suatu stasiun penakar hujan, dibandingkan dengan data curah hujan rata-rata sekelompok stasiun penakar hujan dalam periode yang sama. Untuk itu harus dipilih stasiun penakar hujan disekitarnya yang mempunyai kondisi topografi yang hampir sama.



Gambar 2.5 Analisis Kurva Massa Ganda

Data yang tidak konsisten dapat ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari stasiun yang diuji harus dikoreksi sesuai dengan perbedaan kemiringan garisnya, dengan rumus sebagai berikut :

$$Fk = \frac{Mc}{Ma} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Pcx = Px \left(\frac{Mc}{Ma} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

di mana :

Pcx = Curah hujan stasiun x pada waktu t setelah dikoreksi.

Px = Data asli curah hujan stasiun x pada waktu t.

Fk = Faktor koreksi.

Mc = Koreksi kemiringan kurva massa ganda.

Ma = Kemiringan asli kurva massa ganda.

2.6 Analisis Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan dalam menetapkan periode ulang/return periode (analisa frekuensi) maka dicari parameter statistik dari data curah hujan wilayah baik secara normal maupun secara logaritmik.

2.6.1 Parameter statistik sebaran normal

Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik sebaran normal antara lain:

$$\text{Curah hujan rata-rata: } \bar{x} = \frac{\sum x_n}{n} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Simpangan baku: } Sx = \sqrt{\frac{N}{(N-1)} \sum (\bar{X}_2 - \bar{X}_1)^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Koefisien variasi: } Cv = \frac{Sx}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Koefisien skwness: } Cs = \frac{n \sum (R-\bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(Sx)^3} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{Koefisien kurtosis: } Ck = \frac{n^2 \sum (R-\bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(Sx)^4} \dots\dots\dots (2.13)$$

2.6.2 Parameter statistik sebaran logaritmatik

Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik dengan sebaran logaritmatik antara lain:

$$\text{Logaritma rata-rata : } \log \bar{x} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\text{Simpangan baku : } Sx \log Xr = \sqrt{\frac{N}{(N-1)} \sum (\log \bar{X}_2 - \log \bar{X}_1)^2} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\text{Kofisien Variansi : } Cv = \frac{Sx \log X}{\log \bar{x}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{Koefisien Skewness : } Cs = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(Sx \log X)^3} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\text{Koefisin kurtosis : } Ck = \frac{n^2 \sum (\log X - \log \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(Sx \log X)^4} \dots\dots\dots(2.18)$$

Untuk memperkirakan besar curah hujan dengan berbagai periode ulang maka dilakukan analisa frekuensi terhadap data curah hujan. Ada berbagai metode yang dapat digunakan dalam mengestimasi besar curah hujan untuk berbagai periode ulang yaitu: Metode Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, Log Person dan Log-Person Type III.

Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan, maka parameter statistik data curah hujan wilayah diperiksa terhadap beberapa jenis sebaran sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal 2 Parameter	Cs(lnX) = 0 Ck(lnX) = 3
3	Pearson III	Cs > 0 Ck = 1.5Cs ² +3
4	Log Pearson III	Cs(lnX) > 0 Ck(LnX) = 1.5(Cs(lnX)) ² +3
5	Gumbel 1	Cs = 1.14 Ck = 5.4

Sumber: I Made Kaimana, 2011

2.7 Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Dalam menganalisis probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi frekuensi curah hujan antara lain yaitu:

2.7.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss. Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Normal, dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_T = X + k Sx \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

X_T : Variate yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun.

X : Harga rata-rata dari data $= \frac{\sum_1^n X_i}{n}$

K : Variabel reduksi

Sx : Standard Deviasi $= \sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \sum_1^n X_i^2}{n-1}}$

2.7.2 Distribusi Log Normal

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode distribusi Log Normal, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + k . Sx . \text{Log } X \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana:

Log XT : Variate yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

Log X : Harga rata – rata dari data = $\frac{\sum_1^n \log(X_i)}{n}$

SxLog X : Standard Deviasi $\sqrt{\frac{\sum_1^n \log(X_i)^2 - \sum_1^n \log(X_i)}{n-1}}$

K : Variabel reduksi

2.7.3 Distribusi Gumbel

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode E.J. Gumbel, dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_T = X + k Sx \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

X_T : Variate yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun.

X : Harga rata–rata dari data = $\frac{\sum_1^n X_i}{n}$

Sx : Standard Deviasi = $\sqrt{\frac{\sum_1^n X_i^2 - \sum_1^n X_i}{n-1}}$

K : Variabel reduksi

Untuk menghitung variabel reduksi E.J. Gumbel mengambil harga:

$$k = \frac{Y_T + Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

Y_T : Reduced variate sebagai fungsi dari periode ulang T

Y_n : Reduced mean sebagai fungsi dari banyak data (N)

S_n : Reduced standard deviation sebagai fungsi dari banyak data N

2.7.4 Distribusi Log Pearson III

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode Log Person Type III, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + k_{tr} \cdot S_1 \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

Log X_T : Variate diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

Log X : Harga rata – rata dari data, $\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$

S₁ : Standard Deviasi, $S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$

K_{tr} : Koefisien frekuensi, didapat berdasarkan hubungan nilai Cs

dengan periode ulang T.
$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S_1^3}$$

2.8. Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan debit banjir rencana (*design flood*), perlu didapatkan harga suatu intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan tersebut dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau (Loebis, 1987).

Untuk menghitung intensitas curah hujan dapat digunakan beberapa metode sebagai berikut :

2.8.1 Menurut *Dr. Mononobe*

Jika data curah hujan yang ada hanya curah hujan harian, maka intensitas curah hujannya dapat dirumuskan sebagai berikut (*Loebis, 1987*) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (2.24)$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

t = lamanya curah hujan (jam).

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

2.8.2 Menurut *Sherman*

Rumus yang digunakan (*Soemarto, 1999*) :

$$I = \frac{a}{t^b} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(i)) \sum_{i=1}^n (\log(t))^2 - \sum_{i=1}^n (\log(t) \cdot \log(i)) \sum_{i=1}^n (\log(t))}{n \sum_{i=1}^n (\log(t))^2 - \left(\sum_{i=1}^n (\log(t)) \right)^2} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(i)) \sum_{i=1}^n (\log(t)) - n \sum_{i=1}^n (\log(t) \cdot \log(i))}{n \sum_{i=1}^n (\log(t))^2 - \left(\sum_{i=1}^n (\log(t)) \right)^2} \dots\dots\dots (2.27)$$

di mana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

t = lamanya curah hujan (menit).

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

n = banyaknya pasangan data i dan t.

2.8.3 Menurut Talbot

Rumus yang dipakai (Soemarto, 1999) :

$$I = \frac{a}{(t + b)} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (i.t) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2.t) \sum_{i=1}^n (i)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i.t) - n \sum_{j=1}^n (i^2.t)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots (2.30)$$

dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

t = lamanya curah hujan (menit).

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

n = banyaknya pasangan data i dan t.

2.8.4 Menurut Ishiguro

Rumus yang digunakan (Soemarto, 1999) :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$a = \frac{\sum_{j=1}^n (i \cdot \sqrt{t}) \sum_{j=1}^n (i^2) - \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot \sqrt{t}) \sum_{j=1}^n (i)}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^n (i) \sum_{j=1}^n (i \cdot \sqrt{t}) - n \sum_{j=1}^n (i^2 \cdot \sqrt{t})}{n \sum_{j=1}^n (i^2) - \left[\sum_{j=1}^n (i) \right]^2} \dots\dots\dots (2.33)$$

di mana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam).

t = lamanya curah hujan (menit).

a,b = konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran.

n = banyaknya pasangan data i dan t.

2.9 Analisa Debit Banjir

Adapun beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana antara lain yaitu:

2.9.1 Metode Haspers

Keterkaitan parameter alam yang diperhitungkan dalam metode ini dinyatakan dalam bentuk persamaan dasar seperti berikut:

$$QT = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A \cdot R^n \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\alpha = \frac{1+0,012 A^{0,7}}{1+0,075 A^{0,7}} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \left(\frac{t+3,7 \times 10^{-0,4t}}{t^2+15} \right) + \left(\frac{A^{0,75}}{12} \right) \dots\dots\dots(2.36)$$

dimana:

QT = Debit banjir rencana dengan kata ulang T tahun (m^2/det)

α = Koefisien Pengaliran

β = Koefisien Reduksi

q = Intensitas curah hujan ($m^3/Km^2/det$)

A = Luas Daerah Aliran Sungai (Km^2)

t = Waktu konsentrasi (jam)

2.9.2 Metode Melchior

Besarnya debit banjir maksimum dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{max} = \alpha \cdot \beta \cdot rT \cdot A \quad \dots\dots\dots(2.37)$$

dimana:

Q_{max} = Debit banjir maksimum ($m^3/detik$)

α = Koefisien pengaliran untuk masing-masing periode ulang tertentu

β = Koefisien Reduksi

rT = hujan rancangan (mm)

A = Luas DAS/ *Catchment area* (km^2)

Koefisien aliran (α) berkisar antara 0,42 – 0,62 dan Melchior menganjurkan untuk memakai $\alpha = 0,52$.

Koefisien reduksi dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720 \beta \quad \dots\dots\dots(2.38)$$

2.9.3 Metode Mean Annual Flood (MAF)

Dalam metode ini digunakan rumus:

$$Q_T = GF_{(T.AREA)} \times MAF \dots\dots\dots(2.39)$$

$$MAF = 8 \times 10^{-6} \times AREA^v \times APBAR^{2,445} \times SIMS^{0,117} \times (1 + LAKE)^{0,85} \dots(2.40)$$

Dimana:

Q_T = Debit banjir dengan periode T tahun

GF = Grown factor

MAF = Mean Annual Flood (Debit Banjir Tahunan Rata-rata)

$AREA$ = Daerah Aliran Sungai

V = $1,02 - 0,0275 \text{ Log } AREA$

$APBAR$ = Hujan maksimum rata-rata tahunan = $PBAR \times ARF$

$PBAR$ = Hujan terpusat maksimum rata-rata tahunan selama 24 jam

ARF = Faktor reduksi

$SIMS$ = Indeks kemiringan

$LAKE$ = Indeks danau, jika tidak terdapat danau maka diambil nol

Tabel 2.2 Faktor reduksi AFR

DAS (Km ²)	ARF
1-10	0,99
10-30	0,97
30-30.000	$1,152 - 0,12330 \log (AREA)$

Sumber : Soewarno, 1995

Tabel 2.3 Grown Factor (GF)

Periode Ulang (Tahun)	Luas DAS (Km ²)					
	<160	300	600	900	1200	>1500
5	1.26	1.27	1.24	1.22	1.19	1.17
10	1.56	1.54	1.48	1.44	1.41	1.37
20	1.88	1.88	1.75	1.70	1.64	1.59
50	2.35	2.30	2.18	2.10	2.03	1.95
100	2.75	2.72	2.57	2.47	2.67	2.27
200	3.27	3.20	3.01	2.89	2.78	2.66
500	4.01	3.92	3.70	3.56	3.41	3.27
1000	4.68	4.58	4.32	4.16	4.01	3.85

Sumber : Soewarno, 1995

Harga PBAR dihitung dengan cara aljabar rata-rata yaitu:

$$R = 1/n(R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n) \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana:

R = Hujan maksimum rata-rata

R₁, R₂, R₃,...R_n = Hujan maksimum rata-rata di stasiun 1,2,3,...,n

n = Banyaknya stasiun pengamatan

2.10 Perhitungan Profil Aliran

Perhitungan profil aliran berubah lambat laun pada dasarnya meliputi penyelesaian persamaan dinamis dari aliran berubah lambat laun. Sasaran utama dari perhitungan ini adalah menentukan bentuk propil aliran. Bila digolongkan secara umum, ada tiga metode perhitungan, yaitu metode integrasi grafis, metode integrasi langsung dan metode tahapan stándar.

2.10.1 Metode Integrasi Grafis

Dasar metode ini ialah mengintegrasikan persamaan dinamis dari aliran berubah lambat laun secara grafis. Dipilih dua penampang saluran dengan jarak berturut-turut x_1 dan x_2 terhadap suatu titik awal dan dengan kedalaman berturut-turut y_1 dan y_2 . Jarak dalam arah dasar saluran adalah:

$$z = z_2 - z_1 = \int_{x_1}^{x_2} d_x = \int_{y_1}^{y_2} \frac{d_x}{d_y} d_y \dots\dots\dots(2.42)$$

Ambil beberapa nilai y dan hitung nilai d_x/d_y yang berkebalikan dengan suku kanan persamaan aliran berubah lambat laun, Dari persamaan kemudian buatlah lengkung y terhadap d_y/d_x . Jelas bahwa nilai x sama dengan luas daerah yang diarsir yang terbentuk oleh lengkung, sumbu y dan ordinat d_y/d_x sesuai dengan y_1 dan y_2 . Luas ini dapat dihitung dan ditentukan pula nilai x nya. Metode ini sangat luas pemakaiannya. Dapat dipakai untuk aliran dalam saluran prismatic maupun tak prismatic dengan berbagai bentuk dan kemiringan. Prosedurnya tidak berbelit-belit dan mudah diikuti namun, dapat juga menjadi berlarut-larut bila diterangkan untuk persoalan yang sesungguhnya.

2.10.2 Metode Tahapan Langsung

Secara umum metode tahapan dinyatakan dengan membagi saluran menjadi bagian-bagian saluran yang pendek, lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung saluran lainnya. Ada berbagai jenis metode tahapan ini. Beberapa metode tampaknya lebih baik dari pada yang lainnya ditinjau dari segi tertentu, tetapi belum ada satu metode yang dianggap paling baik untuk dipakai dalam

setiap masalah. Metode tahapan langsung merupakan metode sederhana yang dapat dipakai untuk saluran prismatic.

$$s_o \Delta x + y_1 + a_1 \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + a_2 \frac{v_2^2}{2g} + s_f \Delta x \quad \dots\dots\dots(2.43)$$

Cari Δx ,

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{s_o - s_f} = \frac{\Delta E}{s_o - s_f} \quad \dots\dots\dots(2.44)$$

Dengan E, energi spesifik, atau anggap

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

$$E = y + \alpha \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(2.45)$$

Pada persamaan di atas, y adalah kedalaman aliran; v kecepatan rata-rata; α koefisien energi; S_0 kemiringan dasar dan S_f kemiringan gesek. Nilai rata-rata S_f diberi tanda S_f . Bila dipakai rumus Manning, kemiringan gesek dinyatakan sebagai berikut:

$$S_f = \frac{n^2 v^2}{2,22R^3} \quad \dots\dots\dots(2.46)$$

Perhatikan bahwa baik metode tahapan langsung maupun tahapan standar yang akan diuraikan, langkah-langkah perhitungan dilakukan ke arah hulu bila alirannya subkritis dan ke arah hilir bila alirannya superkritis. Langkah perhitungan yang arahnya salah cenderung menghasilkan data yang berbeda dengan profil aliran sesungguhnya.

2.10.3 Metode Tahapan Standar

Metode ini juga dapat dipakai untuk saluran tak prismatic. Pada saluran tak prismatic, unsur hidrolisik tergantung pada jarak di sepanjang saluran. Pada saluran alam, biasanya perlu dilakukan penelitian lapangan untuk mengumpulkan

data yang diperlukan untuk setiap penampang yang perlu dihitung. Perhitungan dihitung dengan tahap demi tahap dari suatu pos pengamat ke pos berikutnya yang sifat-sifat hidroliknya telah ditetapkan. Dalam hal ini jarak setiap pos diketahui dan dilakukan penentuan kedalaman aliran di tiap pos. Cara semacam ini biasanya dibuat berdasarkan perhitungan coba-coba. Untuk menjelaskan cara ini dianggap bahwa permukaan air terletak pada suatu ketinggian dari bidang mendatar.

$$Z_1 = s_o \Delta_x + y_1 + z_2 \quad \dots\dots\dots(2.47)$$

$$Z_2 = y_2 + z_2 \quad \dots\dots\dots(2.48)$$

Kehilangan tekanan akibat gesekan adalah

$$h_f = s_o \Delta_x = \frac{1}{2} (s_1 + s_2) \Delta_x \quad \dots\dots\dots(2.49)$$

Dengan kemiringan gesekan S_f diambil sebagai kemiringan rata-rata pada kedua ujung penampang atau \bar{S}_f

Masukkan besaran di atas, maka dapat ditulis sebagai berikut:

$$Z_1 + a_1 \frac{v_1^2}{2.g} = Z_2 + a_2 \frac{v_2^2}{2.g} + h_f + h_e \quad \dots\dots\dots(2.50)$$

Dengan h_e ditambahkan untuk kehilangan tekanan akibat pusaran, yang cukup besar pada saluran tak prismatic. Sampai kini belum ada metode rasional untuk menghitung kehilangan tekanan akibat pusaran. Kehilangan ini terutama tergantung pada perubahan tinggi kecepatan dan dapat dinyatakan sebagai bagian dari padanya, atau $(\Delta\alpha.v^2/2.g)$ dengan k suatu koefisien. Untuk bagian saluran yang lambat laun melebar atau menyempit, berturut-turut $k = 0$ sampai 0,1 dan 0,2. Untuk pelebaran atau penyempitan tiba-tiba, nilai k sekitar 0,5. Untuk saluran prismatic yang umum kehilangan tekanan akibat pusaran praktis tidak ada, atau $k = 0$. Untuk mempermudah

perhitungan kadang-kadang h_e dianggap sebagai bagian dari kehilangan tekanan akibat gesekan dan nilai n Manning akan meningkat pula dalam menghitung h_f . Lalu dalam perhitungan h_e diambil nol. Maka,

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e \quad \dots\dots\dots(2.51)$$

Inilah persamaan dasar yang merupakan dasar urutan metode tahapan standar. Metode tahapan standar akan memberikan hasil yang terbaik bila dipakai menghitung saluran alam.

2.11. Tanggul

Tanggul disepanjang sungai merupakan salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai (gelombang pasang). Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang dan membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar. Namun pada kondisi tertentu, tanggul dapat dibuat dari pasangan batu atau beton. Kondisi tertentu tersebut karena lahan tempat kedudukan tanggul terbatas (melewati pemukiman) atau bahan tanah sulit didapat. Bahan tanggul dari tanah setidaknya memenuhi sifat-sifat sebagai berikut kekedapannya tinggi, nilai kohesinya tinggi, dan dalam keadaan jenuh air sudut geser dalamnya tinggi, pekat dan angka porinya rendah. Tanah campuran antara pasir dan lempung dengan proporsi $\pm 1/3$ bagian pasir dan $\pm 2/3$ bagian lempung merupakan bahan tanggul yang cukup memadai.

2.11.1 Trase Tempat Kedudukan Tanggul

Hal - hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan trase tempat kedudukan tanggul adalah :

1. Lokasi trase tanggul

Lokasi/tempat kedudukan trase tanggul dipilih pada lokasi yang kedap air, dan diusahakan agar dihindari lokasi yang mempunyai daya dukung pondasi lemah seperti tanah rawa, lumpur lunak dan gambut.

2. Jarak Antara Trase Tanggul

yang berpengaruh terhadap jarak antara trase adalah :

- a. Debit banjir rencana, kemiringan sungai, tinggi muka air banjir yang pernah terjadi, serta kecepatan arus sungai dan jika dimungkinkan tambahan pesediaan lebar sungai.
- b. Sungai sangat lebar dan alirannya memperlihatkan adanya turbulensi, maka lebarnya dibatasi dengan cara membuat tanggul-tanggul sirip pada bantarannya.
- c. Apabila tidak dapat dihindari adanya belokan tajam maka untuk menghindari pukulan air untuk itu lebar sungai pada ruas ini perlu ditambah secukupnya.
- d. Tanggul sedapat mungkin dibuat sejajar, apabila tidak dapat dihindari karena adanya penyempitan, maka setelah penyempitan diusahakan diperlebar lagi sesuai dengan lebar normalnya.

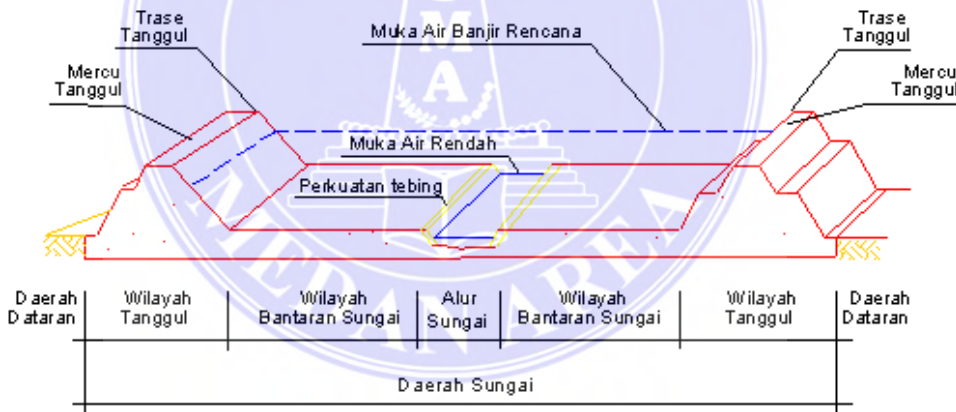
3. Arah Trase

Yang perlu diperhatikan dalam menentukan arah trase adalah hal-hal sebagai berikut :

- a. Penampang basah sungai yang paling efektif dengan kapasitas pengaliran yang maksimum.
- b. Searah dengan arus sungai, dihindari belokan yang tajam.
- c. Trase tanggul kiri dan kanan diusahakan paralel dengan alur sungai, dihindari adanya perubahan lebar sungai yang mendadak.
- d. Bantaran sungai diusahakan mempunyai jarak yang cukup lebar, sehingga jarak antara tepi alur sungai dengan kaki tanggul cukup jauh.

4. Pada Muara Sungai

Apabila ada dua sungai yang berdekatan maka tanggul perlu ditetapkan sehingga tidak mengganggu aliran sungai-sungai tersebut.



Gambar 2.6 : Daerah Sungai

2.11.2 Penampang Tanggul

Perencanaan penampang tanggul yang penting adalah sebagai berikut :

1. Mercu tanggul

Tinggi elevasi mercu ditentukan dari perhitungan tinggi muka air akibat debit banjir rencana ditambah dengan tinggi jagaan. Besarnya tinggi jagaan

tergantung dari debit banjir rencana. Standar tinggi jagaan pada umumnya adalah sebagai berikut :

- a. Debit banjir kurang dari 200 m³/dt, tinggi jagaan = 0,60 m
- b. Debit banjir antara 200 s/d 500 m³/dt, tinggi jagaan = 0,80 m
- c. Debit banjir antara 500 s/d 2.000 m³/dt, tinggi jagaan = 1,00 m
- d. Debit banjir antara 2.000 s/d 5.000 m³/dt, tinggi jagaan = 1.20 m
- e. Debit banjir antara 5.000 s/d 10.000 m³/dt, tinggi jagaan = 1,50 m
- f. Debit banjir lebih dari 10.000 m³/dt, tinggi jagaan = 2,00 m

Untuk menghitung tinggi tanggul digunakan rumus:

$$H_d = H + H_f \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana:

H_d = Tinggi rencana tanggul

H = Tinggi muka air rencana

H_f = Tinggi jagaan

2. Lebar mercu tanggul

Lebar mercu tanggul dari tanah tergantung dari debit banjir rencana. Standar lebar mercu tanggul apabila digunakan juga untuk jalan inspeksi pada umumnya adalah sebagai berikut :

- a. Debit banjir kurang dari 500 m³/dt, lebar mercu = 3,00 m
- b. Debit banjir antara 500 s/d 2.000 m³/dt, lebar mercu = 4,00 m
- c. Debit banjir antara 2.000 s/d 5.000 m³/dt, lebar mercu = 5.00 m
- d. Debit banjir antara 5.000 s/d 10.000 m³/dt, lebar mercu = 6,00 m
- e. Debit banjir lebih dari 10.000 m³/dt, lebar mercu = 7,00 m

3. Kemiringan tanggul

Penentuan kemiringan lereng tanggul ini sangat penting karena berkaitan dengan masalah infiltrasi air kedalam tubuh tanggul dan karakteristik mekanika tanah sebagai bahan tanggul.

Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan, lereng, tanggul direncanakan dengan kemiringan 1 : 2 atau lebih kecil.

4. Bahan tanah urugan tanggul

Bahan utama urugan tanggul adalah tanah dan karakteristik bahan tanah tersebut merupakan faktor peting dalam penentuan penampang lintang tanggul. Pada hakikatnya tanah yang baik untuk tanggul adalah bahan tanah yang mempunyai sifat-sifat anantara lain : kekedapan tinggi, nilai kohesinya tinggi, dalam keadaan jenuh air, sudut geser dalamnya cukup tinggi, pekat dan angka porinya rendah. Memperhatikan hal-hal tersebut, maka tanah yang terdiri campuran pasir dan lempung dengan proporsi kurang lebih 1/3 bagian pasir, dan kurang lebih 2/3 bagian lempung, merupakan bahan tanggul yang cukup memadai ditinjau dari aspek mekanika tanah maupun pelaksanaan pembangunannya.

Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karakteristik sebagai berikut :

- a. Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gejala gelincir dan longsor
- b. Pada waktu banjir yang lama tidak rembes atau bocor
- c. Penggalian, transportasi dan pematatannya mudah
- d. Tidak terjadi retak-retak yang membahayakan kestabilan tubuh tanggul
- e. Bebas dari bahan-bahan organis seperti akar-akaran, pohon-pohonan dan rumput

5. Pondasi tanggul

Kedalaman pondasi atau parit halang setidaknya $\frac{1}{3}$ dari kedalaman air banjir rencana.

2.11.3 Stabilitas Tanggul

Metode yang digunakan untuk menghitung stabilitas lereng adalah dengan cara irisan Bishop. Tanggul yang terendam lama dan tinggi air banjirnya cukup tinggi maka perlu juga dibuatkan garis rembesannya. Apabila garis rembesan memotong lereng tanggul belakang maka akan terjadi kebocoran. Cara menghindari kebocoran tersebut adalah dengan memperkecil kemiringan lereng tanggul bagian belakang sehingga didapatkan lebar bawah tanggul yang cukup atau dengan membuat drainase tanggul. Pada umumnya tanggul banjir tidak diberi pembuang, karena banjir yang terjadi biasanya jangkanya hanya sebentar.

2.11.4 Perkuatan Tebing

Perkuatan tebing mempunyai fungsi melindungi tebing alur sungai atau permukaan lereng tanggul serta dapat meningkatkan stabilitas alur sungai. Hal hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tebing alur sungai adalah:

1. Proses perubahan alur sungai

Perkuatan tebing sungai yang diutamakan adalah pada ruas-ruas sungai yang sangat labil (mudah longsor) atau bagian sungai yang mungkin tergerus akibat perubahan setempat.

2. Gejala Meander

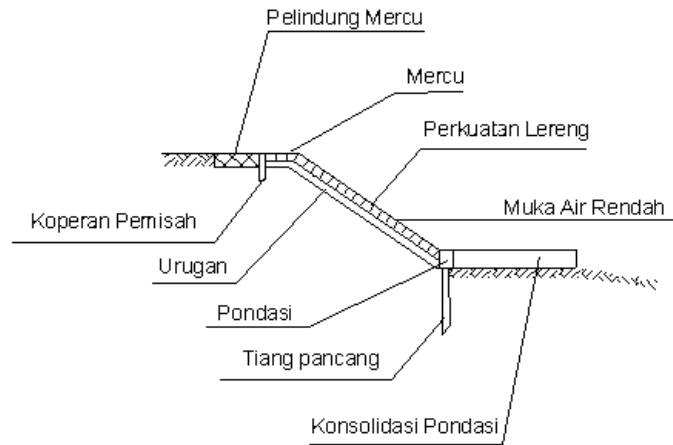
Gejala meander menyebabkan adanya bagian tebing sungai yang tergerus dan ada bagian alur sungai yang menjadi tempat pengendapan. Gejala meander kritis dapat mengakibatkan proses perpindahan alur sungai secara alamiah (sodetan alamiah) dan membahayakan sarana dan prasarana yang ada. Bahaya tersebut dapat dihindari dengan memperkirakan alur sungai yang berubah secara lambat, untuk itu diperlukan trase sungai yang mempunyai belokan tidak terlalu tajam dengan panjang dan amplitudo tertentu. Selanjutnya baru dapat diperkirakan perencanaan tanggul secara keseluruhan, perkuatan lereng dan bangunan air lainnya secara rasional.

3. Hidrolika pada permukaan sungai

Masalah utama yang perlu dipecahkan adalah proses gerusan dan pengendapan.

Perencanaan perkuatan tebing perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut

1. Kemudahan pelaksanaan
2. Kurva trase diusahakan sebesar mungkin.
3. Penempatan perkuatan tebing menghindari adanya pusaran-pusaran yang tidak teratur.
4. Penempatan trase perkuatan tebing lebih baik ditempatkan pada posisi kearah luar alur.
5. Lokasi penempatan perkuatan tebing dilakukan pada bagian alur sungai tertentu (bagian yang tergerus atau terjadi pukulan air) dengan memperhitungkan kemungkinan perubahannya.
6. Sungai yang sempit sulit untuk menentukan pukulan air untuk itu dilindungi dengan perkuatan lereng menerus.
7. Tinggi perkuatan lereng biasanya disamakan dengan tinggi elevasi banjir rencana, namun dalam hal tertentu lebih tinggi lagi karena harus diperhitungkan adanya ombak. Pertimbangan untuk menentapkan tinggi perkuatan lereng adalah :
 - a. Pukulan air akibat belokan.
 - b. Ombak pada sungai yang lebar.



Gambar 2.7 : Konstruksi Perkuatan Tebing/Lereng

2.11.5 Pondasi

Cara penetapan alas pondasi adalah sebagai berikut :

1. Penempatan alas pondasi disesuaikan dengan rencana denah dan rencana penampang sungai.
2. Menyesuaikan dengan perkiraan penurunan permukaan dasar sungai akibat penggerusan oleh arus sungai. Besarnya penggerusan mengikuti perkiraan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Perkiraan Kedalaman Gerusan (m)

No	Ukuran Butiran Bahan Dasar Sungai	Kecepatan Arus Pada Tanggul Sungai		
		> 3 m/dt	3 - 2 m/dt	< 2 m/dt
1	Lebih besar dari kerikil	1,0	0,5	-
2	Kerikil	1,5	1,0	0,5
3	Kerikil halus	-	1,5	1

Sumber : Dr. Ir. Suyono Sosrodarsono, 1985

BAB III

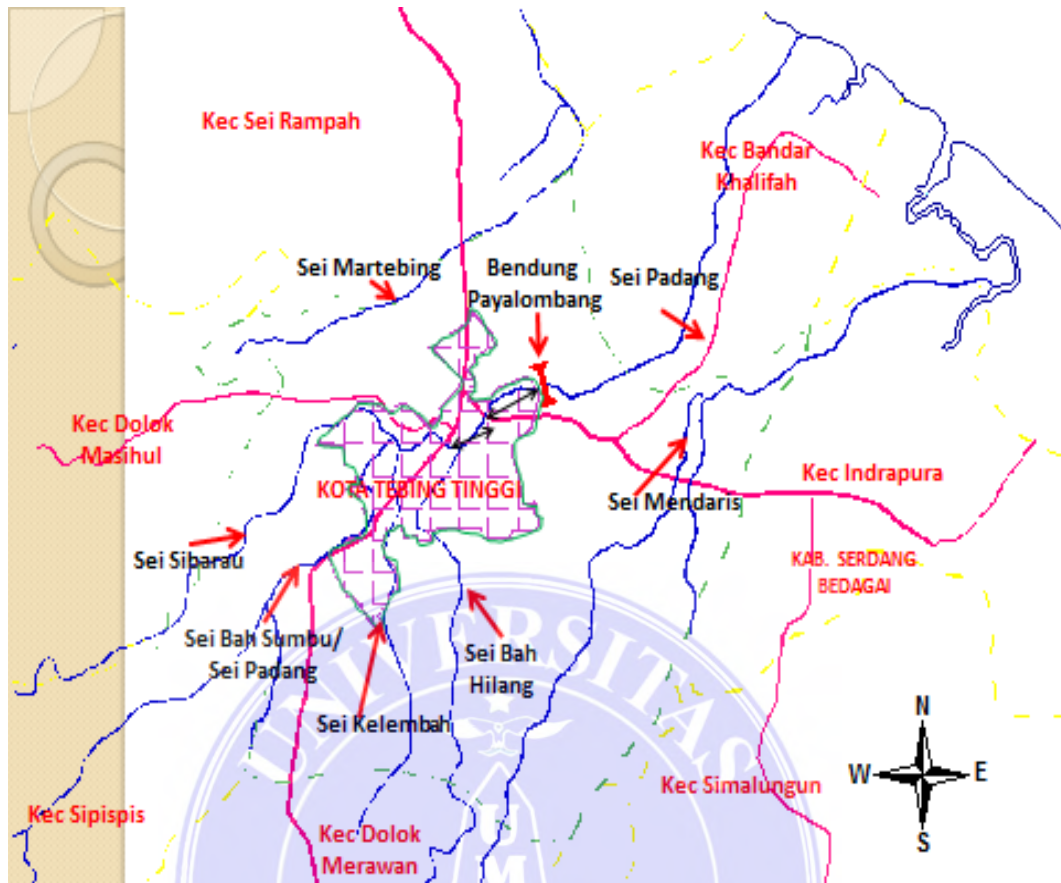
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Kota Tebing Tinggi terletak pada posisi $3^{\circ} 19'' - 3^{\circ} 21''$ Lintang Utara, $99^{\circ} 09'' - 99^{\circ} 10''$ Bujur Timur, dengan luas Wilayah 38.438 km^2 (190.022 Ha) dan memiliki 4 Kecamatan, 35 Kelurahan/Desa. Secara administratif Kota Tebing Tinggi berbatasan dengan beberapa daerah yaitu Sebelah Utara berbatasan PTPN III Kebun Rambutan, Kabupaten Serdang Bedagai, Sebelah Timur berbatasan dengan PT Socfindo Tanah Besi dan PTPN III Kebun Rambutan, Kabupaten Serdang Bedagai, Sebelah Selatan berbatasan dengan PTPN IV Kebun Pabatu dan Perkebunan Paya Pinang, Kabupaten Serdang Bedagai, dan sebelah Barat berbatasan dengan PTPN III Kebun Gunung Pamela, Kabupaten Serdang Bedagai.

Kota Tebing Tinggi dilalui oleh Sungai Padang, dimana ada 4 anak Sungai Padang yang melalui kota ini yaitu : Sei Sibarau, Sei Bah Sumbu, Sei Kelembah, Sei Bah Hilang. Sementara itu ada sungai lain yang berada di sekitar kota Tebing Tinggi yaitu : Sei Martebing dan Sei Mendaris.

Di bagian timur laut Kota Tebing Tinggi yaitu di Sei Padang telah dibangun Bendung Payalombang yang berfungsi untuk mengairi D.I. Payalombang, di samping itu ada juga D.I. Langau dan D.I. Bajayu yang awalnya mengambil air melalui free intake dari Sungai Padang



Gambar 3.1. Peta Lokasi

Sumber: Laporan Study Pengendalian Banjir Kota Tebing Tinggi, 2010

3.2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini terlebih dahulu mencari informasi tentang kondisi banjir, kemudian mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan pengendalian banjir dan menganalisa data sedemikian rupa untuk mendapatkan kesimpulan akhir.

Adapun sistematika yang dilakukan dalam pengumpulan data sebagai berikut:

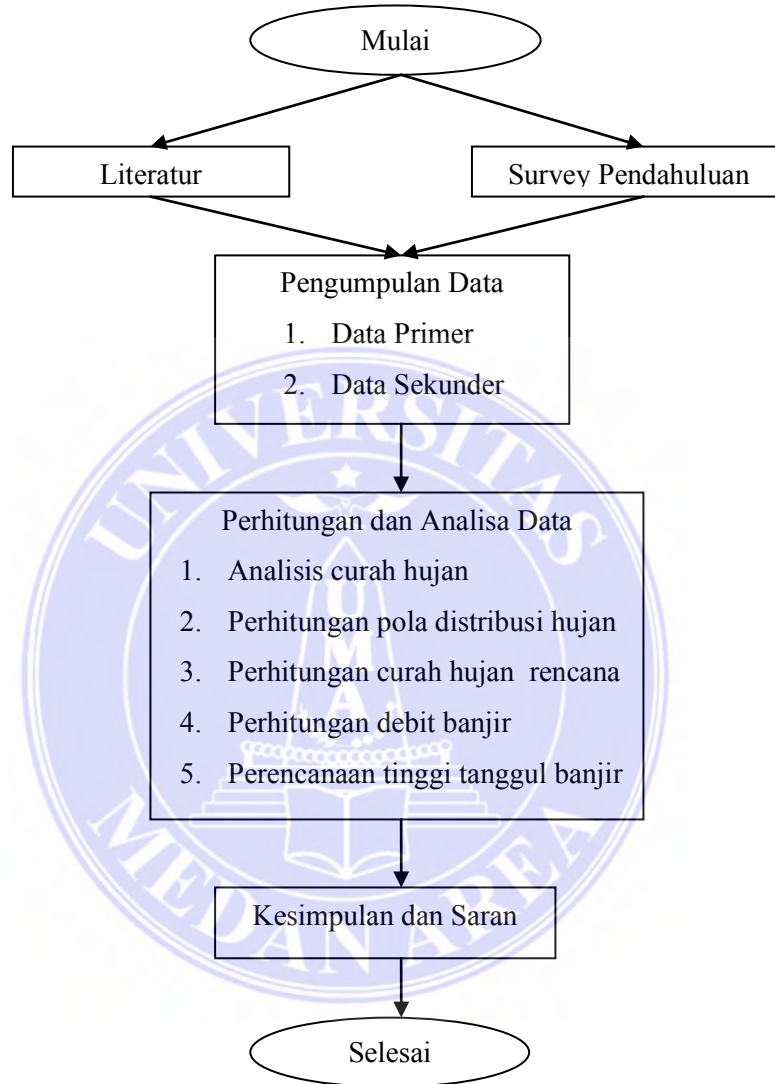
1. Mengumpulkan beberapa literatur dari buku dan makalah yang berkenaan dengan studi, serta survey pendahuluan terkait pengendalian banjir.
2. Mengumpulkan data – data yang diperlukan yaitu data sekunder. Data sekunder merupakan data yang didapat dari instansi terkait, lembaga masyarakat, dan pihak terkait yang berhubungan dengan pembahasan, terutama terkait inventarisasi data stasiun curah hujan dengan kriteria sebagai berikut :

- a) Jumlah minimum stasiun pencatat curah hujan diambil minimum 3 (tiga) stasiun curah hujan yang disyaratkan dalam peramalan banjir sungai tergantung pada luas daerah aliran sungai (DAS) padang.
- b) Umur pencatat curah hujan minimum 10 tahun
- c) Mengadakan pengamatan langsung di lapangan tentang keadaan Sungai dan sistem tanggul banjir.

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka data-data yang di peroleh dianalisa dengan menganalisis hidrologi, yang meliputi:

1. Analisis Curah Hujan
2. Perhitungan Pola Distribusi Hujan
3. Perhitungan Curah Hujan Rencana
4. Perhitungan Debit Banjir
5. Perencanaan Tinggi Tanggul Banjir

Alur pengerjaannya lebih jelas tergambar pada Gambar 3.2. Bagan Alir Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.



Gambar 3.2 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.3. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan dalam menetapkan periode ulang/return periode (analisa frekuensi) maka dicari parameter statistik dari data curah hujan wilayah baik secara normal maupun secara logaritmik.

3.3.1 Parameter statistik sebaran normal

Data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik sebaran normal antara lain:

$$\text{Curah hujan rata-rata: } \bar{x} = \frac{\sum x_n}{n} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Simpangan baku: } S_x = \sqrt{\frac{N}{(N-1)} \sum (\bar{X}_2 - \bar{X}_1)^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Koefisien variasi: } C_v = \frac{S_x}{\bar{X}} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Koefisien skwness: } C_s = \frac{n \sum (R-\bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S_x)^3} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Koefisien kurtosis: } C_k = \frac{n^2 \sum (R-\bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S_x)^4} \dots\dots\dots(3.5)$$

3.3.2 Parameter statistik sebaran logaritmatik

Perhitungan dan data-data yang digunakan dalam perhitungan parameter statistik dengan sebaran logaritmatik antara lain :

$$\text{Logaritma rata-rata : } \log_{\bar{x}} = \frac{\sum \log x}{n} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\text{Simpangan baku : } S_x \log X_r = \sqrt{\frac{N}{(N-1)} \sum (\log \bar{X}_2 - \log \bar{X}_1)^2} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{Kofisien Variansi : } C_v = \frac{S_x \log X}{\log \bar{X}} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\text{Koefisien Skewness : } C_s = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(S_x \log X)^3} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\text{Koefisin kurtosis : } Ck = \frac{n^2 \sum (\log X - \log \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(Sx \log X)^4} \dots\dots\dots(3.10)$$

Untuk memperkirakan besar curah hujan dengan berbagai periode ulang maka dilakukan analisa frekuensi terhadap data curah hujan. Ada berbagai metode yang dapat digunakan dalam mengestimasi besar curah hujan untuk berbagai periode ulang yaitu: Metode Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, Log Person dan Log-Person Type III.

Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan, maka parameter statistik data curah hujan wilayah diperiksa terhadap beberapa jenis sebaran sebagai berikut:

Tabel 3.1 Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran

No	Jenis Sebaran	Syarat
1	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2	Log Normal 2 Parameter	Cs(lnX) = 0 Ck(lnX) = 3
3	Pearson III	Cs > 0 Ck = 1.5Cs ² +3
4	Log Pearson III	Cs(lnX) > 0 Ck(LnX) = 1.5(Cs(lnX)) ² +3
5	Gumbel 1	Cs = 1.14 Ck = 5.4

Sumber: I Made Kaimana, 2011

3.4. Analisa Debit Banjir

Perhitungan debit banjir dengan menggunakan:

- a. Metode empiris
- b. Statistik atau probabilitas
- c. Metode Unit Hidrograf

Dalam kajian ini dilakukan perhitungan dengan metode empiris dan Debit banjir yang dianalisa untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun.

3.4.1 Metode Empiris

Debit banjir rencana menggunakan metoda empiris antara lain :

- a. Metode Weduwen
- b. Metode Melchior
- c. Metode Haspers
- d. Metode Mean Annual Flood (MAF)

Dari keempat metode diatas yang sah digunakan untuk berbagai ragam luasan daerah aliran sungai (DAS) hanyalah metode Haspers, sedangkan untuk metode Weduwen hanya sah digunakan untuk luasan DAS kurang dari 100 Km². serta metode Melchior sah untuk luas DAS lebih besar dari 100 Km². Karena itu, dalam suatu analisis harus senantiasa dilakukan dengan 2 (dua) metode dimana metode Haspers senantiasa bisa dijadikan sebagai pembanding. Sungai Padang memiliki luas DAS sebesar 515,744 Km², sehingga metode yang dapat digunakan yaitu metode Haspers, metode Melchior dan metode Mean Annual Flood (MAF)

3.4.1.1 Metode Haspers

Keterkaitan parameter alam yang diperhitungkan dalam metode ini dinyatakan dalam bentuk persamaan dasar seperti berikut :

$$QT = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A \cdot R^n \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 A^{0,7}}{1 + 0,075 A^{0,7}} \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \left(\frac{t + 3,7 \times 10^{-0,4t}}{t^2 + 15} \right) \times \left(\frac{A^{0,75}}{12} \right) \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

dimana:

QT = Debit banjir rencana dengan kata ulang T tahun (m²/det)

α = Koefisien Pengaliran

β = Koefisien Reduksi

q = Intensitas curah hujan (m³/Km²/det)

A = Luas Daerah Aliran Sungai (Km²)

t = Waktu konsentrasi (jam)

3.4.1.2 Metode Melchior

Besarnya debit banjir maksimum dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{max} = \alpha \cdot \beta \cdot rT \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

dimana:

Q_{max} = Debit banjir maksimum (m³/detik)

α = Koefisien pengaliran

β = Koefisien Reduksi

r_T = hujan rancangan (mm)

A = Luas DAS/ *Catchment area* (km^2)

Koefisien pengaliran (α) berkisar antara 0,42 – 0,62 dan Melchior menganjurkan untuk memakai $\alpha = 0,52$.

Koefisien reduksi dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720 \cdot \beta \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

3.4.1.3 Metode Mean Annual Flood (MAF)

Dalam metode ini digunakan rumus:

$$QT = GF_{(T, AREA)} \times MAF \quad \dots\dots\dots (3.16)$$

$$MAF = 8 \times 10^{-6} \times AREA^V \times APBAR^{2,445} \times SIMS^{0,117} \times (1 + LAKE)^{0,85} \quad \dots\dots\dots (3.17)$$

Dimana:

QT = Debit banjir dengan periode T tahun

GF = Grown factor

MAF = Mean Annual Flood (Debit Banjir Tahunan Rata-rata)

$AREA$ = Daerah Aliran Sungai

V = $1,02 - 0,0275 \text{ Log } AREA$

$APBAR$ = Hujan maksimum rata-rata tahunan = $PBAR \times ARF$

$PBAR$ = Hujan terpusat maksimum rata-rata tahunan selama 24 jam

ARF = Faktor reduksi

$SIMS$ = Indeks kemiringan

$LAKE$ = Indeks danau, jika tidak terdapat danau maka diambil nol

Tabel 3.2 Faktor reduksi AFR

Luas DAS (KM ²)	ARF
1-10	0,99
10 – 30	0,97
30 – 30000	1.152 - 0.1233 log AREA

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/53661489/TUGAS-IRIGASI-boyolali>

Tabel 3.3 Grown Factor (GF)

Return Periode	Catchment Area					
	< 180	300	600	900	1200	>1500
5	1.28	1.27	1.27	1.22	1.19	1.17
10	1.56	1.54	1.48	1.44	1.41	1.37
20	1.88	1.84	1.78	1.70	1.64	1.59
50	2.35	2.30	2.18	2.10	2.03	1.95
100	2.78	2.72	2.57	2.47	2.37	2.27

Sumber: <http://www.scribd.com/doc/53661489/TUGAS-IRIGASI-boyolali>

Harga PBAR dihitung dengan cara aljabar rata-rata yaitu:

$$R = 1/n (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) \quad \dots\dots\dots (3.18)$$

Dimana:

R = Hujan maksimum rata-rata

R₁, R₂, R₃,...R_n = Hujan maksimum rata-rata di stasiun 1,2,3,...,n

n = Banyaknya stasiun pengamatan

3.5 Perhitungan Tinggi Muka Air Rencana

Dalam menganalisis ketinggian muka air apakah tinggi muka air masih berada pada standar yang ditentukan dan bentuk penampang aliran tersebut berubah-ubah maka metode yang digunakan yaitu metode tahapan standard (*standard step method*).

Tinggi muka air rencana di sungai dapat dihitung dengan cara:

$$Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_e \quad \dots\dots\dots (3.19)$$

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (3.20)$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (3.21)$$

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e \quad \dots\dots\dots (3.22)$$

Dimana:

Z = Tinggi muka air pada penampang melintang (m)

V = kecepatan rata-rata (m/det)

G = percepatan gravitasi (m/det²)

h_f = kehilangan energy akibat gesekan dasar saluran

h_e = kehilangan energy akibat pusaran

Langkah-langkah perhitungan:

1. Dicoba harga Z2 lalu dihitung:

$$A_2, V_2, \frac{V_2^2}{2.g}, H_2 \text{ dan } S_{f2}$$

$$S_{f2} = \frac{(n_2 \cdot V_2^2)}{\left(\frac{A_2}{P_2}\right)^{\frac{4}{3}}} \quad \dots\dots\dots (3-23)$$

2. Hitung harga rata-rata dari $S_f = \frac{(S_{f1} + S_{f2})}{2}$ (3.24)

3. Hitung $h_f = S_f \times L$ (3.25)

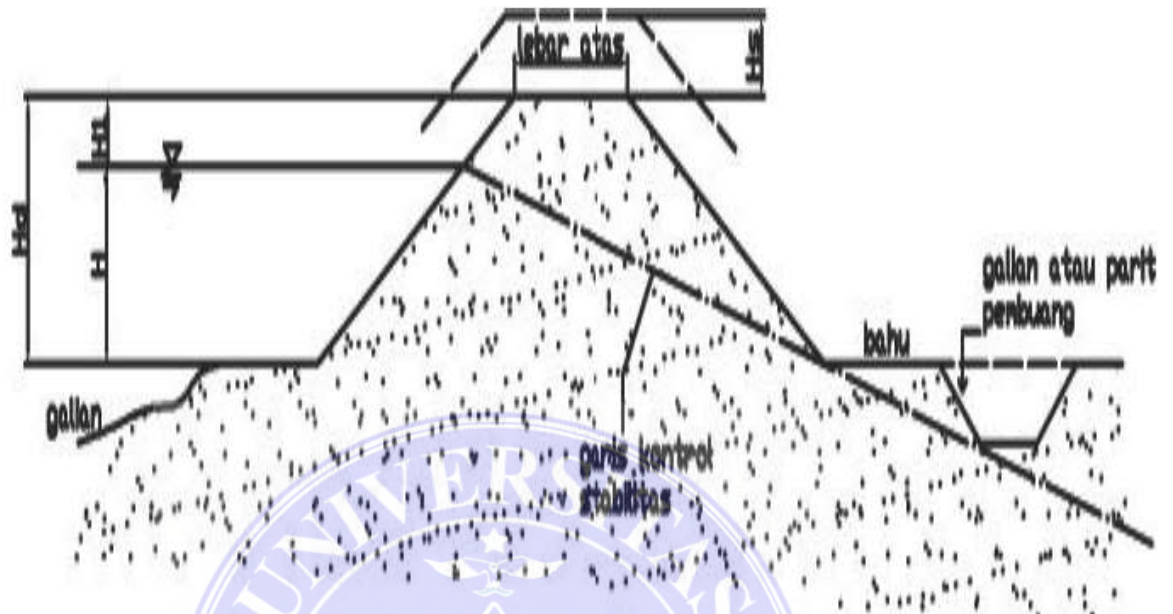
4. $H_2 = H_1 + h_f$ (3.26)

Besarnya H_2 harus sama dengan besar H_2' yang dihitung menurut taksiran Z_2 . Apabila ini tidak sama maka perhitungan diulangi dengan merubah nilai Z_2 sampai dengan $H_2 = H_2'$.

3.6 Perencanaan Tanggul

Dalam menentukan tanggul banjir rencana harus mempertimbangkan kerugian yang akan dialami, hak milik yang harus dilindungi, tingkat bahaya yang diberikan terhadap warga, kondisi alam dan lainnya. Desain debit banjir telah ditentukan setelah melewati berbagai diskusi yaitu debit banjir rencana adalah debit dengan kala ulang 25 tahun untuk semua area pada dasarnya, yang mengikuti kriteria perencanaan sesuai dengan panjang tanggul banjir yang ada di Sungai Padang. Dengan demikian semua area akan dilindungi oleh tanggul yang akan melindungi dari banjir yang akan datang.

3.6.1 Tinggi Tanggul



Gambar 3.3 Perencanaan Tinggi Tanggul

Untuk menghitung tinggi tanggul digunakan rumus:

$$H_d = H + H_f \dots\dots\dots (3.27)$$

Dimana:

H_d = Tinggi rencana tanggul

H = Tinggi muka air rencana

H_f = Tinggi jagaan

DAFTAR PUSTAKA

- Canonica Lucio, MSc. CE. ETHZ. 1986. *Memahami Hidrolika*. Bandung : Angkasa.
- CD Soemarto ,Dipl.H.Ir. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Erlangga.
- Chow, Ven te. PHD. 1985. *Open Channel Hydrolics*. Singapore : Chong Moh Offset Pring Pte,Ltd.
- Diktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi (KP-01)*. CV. Galang Persada. Bandung.
- Diktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bangunan Utama (KP-02)*. CV. Galang Persada. Bandung.
- Diktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bangunan Irigasi (KP-04)*. CV. Galang Persada. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, Diktorat Jenendral Sumber Daya Air, Balai Wilayah Sungai Sumatera II. 2010. *Laporan Akhir, Study Pengendalian Banjir Kota Tebing Tinggi*.
- Kamiana,I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Lily Montracih Limantara,Dr.Ir.M.Sc. 2010. *Hidrologi Praktis*, Lubuk Agung, Bandung.
- Nugroho Hadisusanto,Dipl.H,DR,Ir,Drs. 2011. *Aplikasi Hidrologi*, Jogja Mediautama, Yogyakarta.
- Sidharta, SK. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Gunadarma. Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono. 1985. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- W Matha Joyce, Ir.,Ir. Wanny Adidarma Dipl.H 1978. *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Jakarta : Nova.

FOTO DOKUMENTASI

- Lahan disekitar sungai Bahilang lebih rendah dari muka air normal sungai



- Lahan disekitar sungai Bahilang. Jagaan yang sangat kecil pada saat muka air normal sungai



- Rumah ibadah yang berdiri di bantaran sungai Padang



- Penyempitan Bangunan tinggi yang mengapit badan sungai Bahilang



- Bangunan Disempadan Sungai Padang yang mengganggu Aliran Sungai Padang



- Ruko yang dibangun Disempadan Sungai Padang yang mengganggu Aliran Sungai Padang



- Tanggul sungai Padang yang terganggu akibat ditanami oleh masyarakat



- Tanggul sungai Padang yang terganggu akibat ditanami oleh masyarakat

