

SKRIPSI

**PERENCANAAN BENDUNG UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR
BAKU PADA DUSUN BATULAYAR KABUPATEN LOMBOK BARAT,
NUSA TENGGARA BARAT**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



DISUSUN OLEH :

LALU MUHAMAD PAIZAN

416110086

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

2020

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PERENCANAAN BENDUNG UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU
PADA DUSUN BATULAYAR KABUPATEN LOMBOK BARAT, NUSA
TENGGARA BARAT**

Disusun Oleh:

LALU MUHAMAD PAIZAN

416110086

Mataram, 21 Juli 2020

Pembimbing I,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 082401750

Pembimbing II,



Dr. Eng. Harivadi, ST., MSc. Eng
NIDN.0027107301

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**PERENCANAAN BENDUNG UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU
PADA DUSUN BATULAYAR KABUPATEN LOMBOK BARAT, NUSA
TENGGARA BARAT**

Yang Diperiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : LALU MUHAMAD PAIZAN


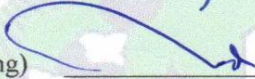
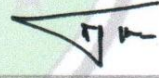
NIM : 416110086

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Pada hari : Rabu, 12 Agustus 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat


Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT 
2. Penguji II : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng) 
3. Penguji III : Titik Wahyuningsih, ST., MT 

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,


Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501

MOTTO

*“Semua impian kita bisa terwujud jika kita memiliki keberanian untuk
mengejarinya”*



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul “*Perencanaan Bendung Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku Pada Dusun Batulayar Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat*” adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat atau disebut plagiatisme.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, 12 Agustus 2020

Demi buat pernyataan,



LALU MUHAMAD PAIZAN

NIM : 416110086



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat

Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lalu Muhamad Paizan
NIM : 416110086
Tempat/Tgl Lahir : Ganti, 20 April - 1985
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 08175764309 / paizanal85@gmail.com

Judul Penelitian :-

Perencanaan Bendung untuk memenuhi kebutuhan Air Baku
pada Dusun Batulayar, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara
Barat

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. *372*

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 13/08/2020

Penulis



Lalu Muhamad Paizan

NIM. 416110086

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos.M.A.

NIDN. 0802048904



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lulu Muhammad Paizan
NIM : 416110086
Tempat/Tgl Lahir : Ganti, 20 - April - 1985
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 08175764309 / paizanalulu85@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

Perencanaan bendung untuk memenuhi kebutuhan air Baku
pada Dusun Batu Gyar Kabupaten Lombok Barat, Nusa
Tenggara Barat

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 19/8/2020



Lulu Muhammad Paizan
NIM. 416110086

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos. M.A.
NIDN. 0802048904

ABSTRAK

Mendukung kebutuhan air baku yang direncanakan Universitas Muhammadiyah Mataram, maka perlu dilakukan pembangunan bendung terhadap lokasi yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi pengambilan air baku. Salah satu daerah yang akan dikembangkan adalah Daerah Irigasi Batulayar di Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. Sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku ini berasal dari Sungai Batulayar.

Langkah awal dalam perencanaan bendung ini adalah analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana dan debit kebutuhan air. Hasil analisis debit banjir rencana selanjutnya digunakan untuk analisis hidrolis dan struktur bendung yang meliputi perencanaan dimensi bendung, mercu, kolam olak, dan lantai muka. Sedangkan hasil analisis debit kebutuhan air irigasi digunakan untuk analisis hidrolis saluran penguras, bangunan pengambilan dan bangunan pembilas. Setelah perencanaan konstruksi bendung, dilakukan kontrol stabilitas bendung terhadap guling, geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah. Luas DAS Meninting adalah $\pm 8,02 \text{ km}^2$, dengan panjang sungai utama $\pm 5 \text{ km}$. Perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan Metode Log Pearson Type III diperoleh debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun $Q_{100} 95,877 \text{ m}^3/\text{det}$.

Berdasarkan hasil analisis dan Perencanaan Bendung untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku pada Dusun Batulayar Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat diperoleh tipe bendung yang dipilih yaitu Bendung tetap dengan 1 pintu intake dengan ukuran $(1,00 \text{ m} \times 1,05 \text{ m})$ disebelah kiri dengan kebutuhan debit irigasi $95,877 \text{ m}^3/\text{det}$, lebar bendung $13,50 \text{ m}$, tinggi bendung 3 m , tipe mercu oge, 1 pintu pembilas dengan ukuran pintu $(1,15 \text{ m} \times 1,30 \text{ m})$, Kolam Olak Tipe MDO, dan panjang lantai muka $9,00 \text{ m}$. Adapun Rencana Anggaran Biaya konstruksi perencanaan bendung direncanakan sebesar Rp. 1.299.000.000,00 (Satu Milyar Dua Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Rupiah).

Kata kunci : *Sungai Batulayar, Daerah Irigasi Batulayar, Bendung Tetap*

Name : Lalu Muhamad Paizan
Nim : 416110086
Title : **Weir Planning to Meet the Need for Raw Water in Batulayar village,
West Lombok Regency, West Nusa Tenggara**

ABSTRACT

It is necessary to build a weir for a location that has excellent potential to be developed into raw water intake to support the demand for raw water planned by the University of Muhammadiyah Mataram. One of the areas that will be developed is the Batulayar Irrigation Area in West Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province. The source of water used to meet this raw water requirement comes from the Batulayar River.

The first step in planning this weir is a hydrological analysis to determine the planned flood discharge and water demand discharge. The results of the proposed flood discharge analysis are then used for hydraulic analysis and weir structures, which include the dimensional planning of the weir, lighthouse, Olak pond, and front floor. Meanwhile, the results of the analysis of the discharge of irrigation water requirements are used for the hydraulic analysis of the drain, intake building, and rinsing building. After the weir construction planning, the weir stability control is carried out on over-rolling, shear, eccentricity, and soil bearing capacity. The Meninting watershed area is $\pm 8.02 \text{ km}^2$, with the length of the main river $\pm 5 \text{ km}$. the calculation of design rainfall using the Log Pearson Type III method obtained a planned flood discharge with a return period of 100 years $Q_{100} 95.877 \text{ m}^3 / \text{s}$.

Based on the analysis results and weir planning to meet the needs of raw water in Batulayar Hamlet, West Lombok Regency, West Nusa Tenggara, the selected type of weir obtained is fixed weir with one intake gate with size (1.00 mx 1.05 m) on the left with a need for irrigation discharge $95.877 \text{ m}^3 / \text{s}$, 13.50 m wide weir, 3 m high weir, oge mercu type, 1 flushing door with door size (1.15 mx 1.30 m), MDO type Olak pond, and 9.00 m front floor length. The Budget Plan for The weir planning construction is Rp. 1,299,000,000.00 (One Billion Two Hundred Ninety-Nine Million Rupiah).

Keywords: Batulayar River, Batulayar Irrigation Area, Fixed Weir

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
LABORATORIUM BAHASA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

Moh. Fauzi Sofabul, M.pd.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dan dorongan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. H. Arsyad Abd Gani, M.Pd selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Titik Wahyuningsih, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng). selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Seluruh staf dan pegawai sekertariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Kantor Dinas Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Nusa Tenggara Barat yang telah memberikan bahan tambah pada penelitian ini.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, bimbingan dan karunia-Nya, sehingga penyusun Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Bendung Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku Pada Dusun Batulayar Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat” dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang wajib dibuat untuk menyelesaikan program S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulisan selanjutnya. Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penulisan Tugas akhir ini. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya.

Mataram, 21 Juli 2020

Penyusun

Lalu Muhamad Paizan



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Maksud dan Tujuan	4
1.4. Lokasi Perencanaan	4
1.5. Ruang Lingkup Pembahasan	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1. Pengertian Bendung	7
2.1.1. Umum	7
2.1.2. Klasifikasi Bendung.....	8
2.1.2.1. Berdasarkan Fungsinya.....	8
2.1.2.2. Berdasarkan Lama Pemakaian (Waktu Operasional)	9
2.1.2.3. Berdasarkan Tipe Strukturnya	9
2.2. Analisis Hidrologi	11
2.2.1. Curah Hujan	12
2.2.2. Analisis frekuensi.....	13
2.2.3. Pengujian Terhadap Analisis Frekuensi.....	19
2.2.4. Analisis Debit Banjir Rencana.....	20
2.2.5. Analisis Debit Andalan	25
2.2.6. Analisis Pendimensionan Bendung.....	26
2.2.7. Analisis Stabilitas Bendung	43
2.2.8. Kontrol Stabilitas	47

BAB III METODOLOGI	50
3.1. Uraian Umum	50
3.2. Tahap Persiapan	50
3.3. Tahap Pengumpulan Data	52
3.4. Tahap Analisis	52
3.4.1. Data Topologi	52
3.4.2. Data Sungai	53
3.4.3. Analisis Hidrologi	54
3.4.3.1. Perhitungan Debit Banjir Rencana	54
3.4.3.2. Analisis Kebutuhan Air	55
3.4.4. Analisis Struktur dan Tinjauan Hidrolis Bendung	56
3.4.4.1. Analisis Struktur Bendung	56
3.4.4.2. Tinjauan Hidrolis Bendung	57
3.4.5. Analisis Stabilitas Bendung	57
3.5. Rencana Anggaran Biaya	58
BAB IV ANALISIS PERENCANAAN	59
4.1. Analisis Hidrologi	59
4.1.1. Data Hujan yang Digunakan	59
4.1.2. Analisis Curah Hujan	59
4.1.3. Pengujian Konsistensi Data Hujan (RAPS)	60
4.1.4. Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana	63
4.1.5. Uji Kecocokan Sebaran / Uji Keselarasan Distribusi	68
4.1.5.1. Uji Sebaran <i>Chi Square</i>	68
4.1.5.2. Uji Sebaran <i>Smirnov – Kolmogorov</i>	70
4.1.6. Perhitungan Curah Hujan Rancangan	72
4.1.7. Koefisien Pengaliran	74
4.1.8. Distribusi Hujan Tiap Jam	75
4.1.9. Perhitungan Debit Banjir Rencana	77
4.2. Analisis Hidrolis Bendung	84
4.2.1. Elevasi Mercu Bendung	84
4.2.1.1. Perencanaan Elevasi Mercu Bendung	84

4.2.2. Perencanaan Hidrolis	84
4.2.2.1 Debit Banjir Rencana dan Muka Air Sungai	84
4.2.2.2 Data Bendung.....	85
4.2.2.3 Lebar Efektif Bendung.....	85
4.2.2.4 Elevasi Dinding Bendung	86
4.2.2.5 Kontrol terhadap Q_{1000}	87
4.2.2.6 Kontrol terhadap Q_{1000}	87
4.2.2.7 Kontrol terhadap Q_2	87
4.2.2.8 Kurva Pengempangan	88
4.2.3 Intake, Kantong Lumpur, dan Penguras.....	89
4.2.3.1 Intake.....	89
4.2.3.2 Kantong Lumpur	89
4.2.4 Penguras	90
4.2.4.1 Pintu Penguras	90
4.2.4.2 Pintu Pengambilan	91
4.2.4.3 Alat Ukur	92
4.2.5 Struktur	92
4.2.5.1 Syarat Keamanan	92
4.2.5.1.1 Keamanan terhadap Daya dukung tanah.....	92
4.2.5.1.2 Keamanan terhadap Guling.....	93
4.2.5.1.3 Keamanan terhadap Geser	93
4.2.5.1.4 Keamanan Terhadap Rembesan.....	93
4.2.5.1.4.1 Kondisi Normal.....	93
4.2.5.1.4.2 Kondisi Banjir Rencana	95
4.2.5.1.4.3 Kontrol Banjir Q_{1000}	96
4.2.5.1.4.4 Grafik Tekanan Uplift Bendung (Kondisi Muka Air Normal) ..	97
4.2.6 Stabilitas Bendung	98
4.2.7 Gaya dan Momen	99
4.2.7.1 Berat Bendung dan Gaya Akibat Gempa.....	99
4.2.7.2 Tekanan Air	100
4.2.7.2.1 Kondisi Debit Rendah.....	100

4.2.7.2.2 Kondisi Debit Banjir Rencana	100
4.2.7.3 Tekanan Tanah.....	101
4.2.8 Stabilitas Struktur.....	101
4.2.8.1 Debit Rendah	101
4.2.8.2 Gempa	102
4.2.8.3 Banjir Rencana.....	102
4.2.9 Kesimpulan	103
4.2.9.1 Erosi Bawah Tanah	103
4.2.9.2 Tebal Lantai Olakan.....	103
4.2.9.3 Kontrol Q_{1000}	103
4.3 Perencanaan Rip-Rap.....	104
BAB V PENUTUP	108
5.1 Kesimpulan	108
5.2 saran	109
DAFTAR PUSTAKA	110



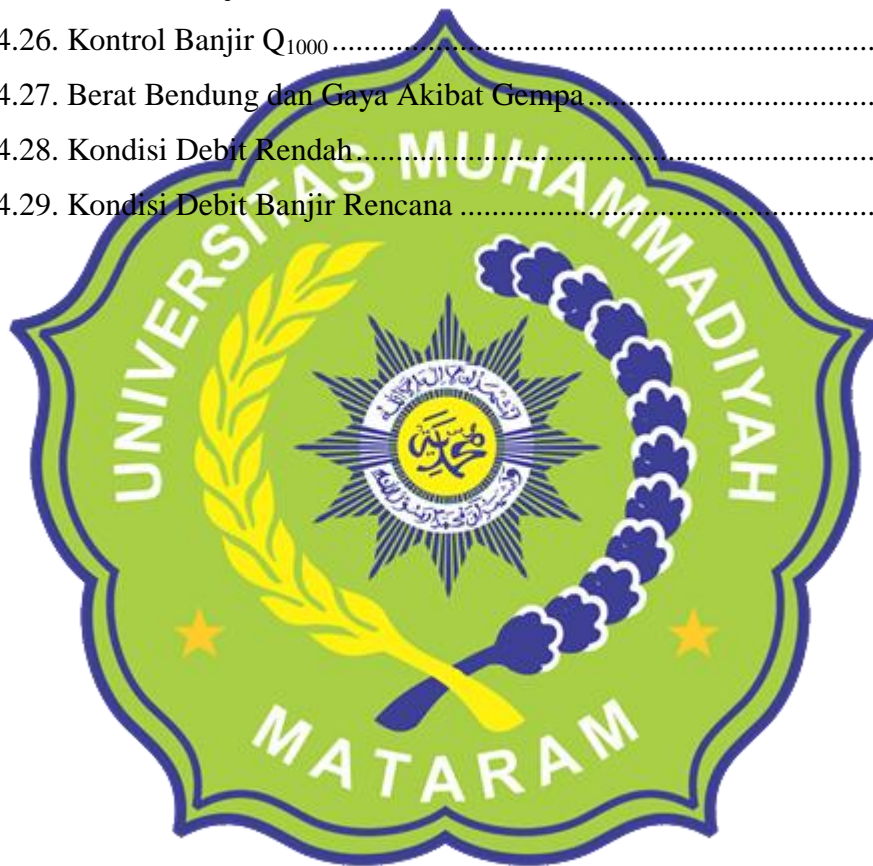
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Perencanaan.....	5
Gambar 2.1 Mercu Oge.....	10
Gambar 2.2 Mercu Bulat dengan Satu Radius.....	10
Gambar 2.3 Mercu Bulat denga Dua Radius.....	10
Gambar 2.4 Poligon Thiesen.....	13
Gambar 2.5 Model Pelukisan Elips pada DAS Sungai.....	23
Gambar 2.6 Tinggi Mercu.....	28
Gambar 2.7 Jari-jari Mercu.....	30
Gambar 2.8 Mercu Bulat dengan 2 jari – jari.....	30
Gambar 2.9 Lebar Efektif.....	34
Gambar 2.10 Penampang Sungai.....	37
Gambar 2.11 Jari-jari Kolam Olakan.....	39
Gambar 2.12 Tebal Lantai Olakan.....	40
Gambar 2.13 Lantai Olakan.....	41
Gambar 2.14 Berat Sendiri Bendung.....	44
Gambar 2.15 Gaya Gempa.....	45
Gambar 2.16 Tekanan Lumpur.....	45
Gambar 2.17 Hidrostatik Muka Air Normal.....	46
Gambar 2.18 Hidrostatik Muka Air Banjir.....	47
Gambar 3.1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	51
Gambar 3.2. Peta DAS Meninting.....	54
Gambar 4.1 Grafik Tekanan Uplift Bendung (Kondisi Muka Air Normal).....	97
Gambar 4.2 Stabilitas Bendung.....	98
Gambar 4.3 Rip – Rap.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga Reduce Variated (Y_t)	14
Tabel 2.2 Harga Reduce Mean (Y_n)	14
Tabel 2.3 Harga Reduce Standard Deviation (S_n)	15
Tabel 2.4 Skew Coefficient (C_s) untuk distribusi Log Pearson III.....	17
Tabel 2.5 Standard Variable untuk setiap harga return period.....	19
Tabel 2.6 Koefisien Pengaliran (α)	22
Tabel 2.7 Hubungan Harga n_f terhadap q	23
Tabel 2.8 Faktor Koreksi Melchior.....	24
Tabel 2.9 Nilai k dan n	31
Tabel 2.10 Nilai K_p	34
Tabel 2.11 Nilai K_a	34
Tabel 2.12 Harga – Harga Minimum Creep Ratio (C).....	43
Tabel 2.13 Nilai Koefisien Gesekan.....	48
Tabel 4.1. Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Gunung Sari.....	60
Tabel 4.2. Uji Konsistensi RAPS Stasiun Gunung Sari.....	61
Tabel 4.3 Parameter Statistik Curah Hujan.....	63
Tabel 4.4. Parameter Statistik Curah Hujan Dengan Data Log	66
Tabel 4.5. Pemilihan Jenis Sebaran.....	68
Tabel 4.6. <i>Chi Square</i>	69
Tabel 4.7. Uji Keselarasan Sebaran Dengan <i>Chi Kuadrat</i>	70
Tabel 4.8. Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov	70
Tabel 4.9. Smirnov- Kolmogorov	71
Tabel 4.10. Curah Hujan Rancangan Metode Log Pearson Type III.....	72
Tabel 4.11. Distribusi Sebaran Metode Log Pearson Type III	74
Tabel 4.12. Koefisien Pengaliran Berdasarkan Tataguna Lahan	75
Tabel 4.13. Sebaran Hujan Jam – Jaman	77
Tabel 4.14 Persamaan Lengkung Hidrograf Nakayasu.....	79
Tabel 4.15. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	79
Tabel 4.16. Hidrograf Banjir Rancangan Nakayasu Kala Ulang 2 Tahun.....	81
Tabel 4.17. Kala Ulang	82

Tabel 4.18. Debit Puncak Banjir Rencana Untuk Berbagai Kala Ulang.....	83
Tabel 4.19. Koefisien Debit (Cd).....	86
Tabel 4.20. Nilai h Coba – coba.....	88
Tabel 4.21. Keamanan terhadap Daya dukung tanah.....	92
Tabel 4.22. Keamanan terhadap Guling.....	93
Tabel 4.23. Keamanan Terhadap Geser.....	93
Tabel 4.24. Kondisi Normal.....	94
Tabel 4.25. Kondisi Banjir Rencana.....	95
Tabel 4.26. Kontrol Banjir Q_{1000}	96
Tabel 4.27. Berat Bendung dan Gaya Akibat Gempa.....	99
Tabel 4.28. Kondisi Debit Rendah.....	100
Tabel 4.29. Kondisi Debit Banjir Rencana.....	100



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 LEMBAR ASISTENSI

LAMPIRAN 2 DATA CURAH HUJAN

LAMPIRAN 3 RENCANA ANGGARAN BIAYA

LAMPIRAN 4 GAMBAR RENCANA

LAMPIRAN 5 FOTO SURVEY DAN PENGUKURAN



ABSTRAK

Mendukung kebutuhan air baku yang direncanakan Universitas Muhammadiyah Mataram, maka perlu dilakukan pembangunan bendung terhadap lokasi yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi pengambilan air baku. Salah satu daerah yang akan dikembangkan adalah Daerah Irigasi Batulayar di Kabupaten Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. Sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku ini berasal dari Sungai Batulayar.

Langkah awal dalam perencanaan bendung ini adalah analisis hidrologi untuk menentukan debit banjir rencana dan debit kebutuhan air. Hasil analisis debit banjir rencana selanjutnya digunakan untuk analisis hidrolis dan struktur bendung yang meliputi perencanaan dimensi bendung, mercu, kolam olak, dan lantai muka. Sedangkan hasil analisis debit kebutuhan air irigasi digunakan untuk analisis hidrolis saluran penguras, bangunan pengambilan dan bangunan pembilas. Setelah perencanaan konstruksi bendung, dilakukan kontrol stabilitas bendung terhadap guling, geser, eksentrisitas dan daya dukung tanah. Luas DAS Meninting adalah $\pm 8,02 \text{ km}^2$, dengan panjang sungai utama $\pm 5 \text{ km}$. Perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan Metode Log Pearson Type III diperoleh debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun $Q_{100} 95,877 \text{ m}^3/\text{det}$.

Berdasarkan hasil analisis dan Perencanaan Bendung untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku pada Dusun Batulayar Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat diperoleh tipe bendung yang dipilih yaitu Bendung tetap dengan 1 pintu intake dengan ukuran $(1,00 \text{ m} \times 1,05 \text{ m})$ disebelah kiri dengan kebutuhan debit irigasi $95,877 \text{ m}^3/\text{det}$, lebar bendung $13,50 \text{ m}$, tinggi bendung 3 m , tipe mercu oge, 1 pintu pembilas dengan ukuran pintu $(1,15 \text{ m} \times 1,30 \text{ m})$, Kolam Olak Tipe MDO, dan panjang lantai muka $9,00 \text{ m}$. Adapun Rencana Anggaran Biaya konstruksi perencanaan bendung direncanakan sebesar Rp. 1.299.000.000,00 (Satu Milyar Dua Ratus Sembilan Puluh Sembilan Juta Rupiah).

Kata kunci : *Sungai Batulayar, Daerah Irigasi Batulayar, Bendung Tetap*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air sebagai salah satu komponen penting bagi kehidupan manusia secara nyata, ikut menentukan taraf hidup, baik itu secara individual maupun komunal. Objek individual berarti bahwa upaya pemenuhan dan pengolahan kebutuhan air dilakukan oleh tiap individu, baik secara terstruktur oleh instansi terkait atau bahkan oleh kelompok masyarakat. Sedangkan secara komunal, dilakukan untuk sebuah komunitas di suatu wilayah dengan tingkat pelayanan secara menyeluruh untuk penduduk yang berdomisili tetap maupun yang tidak tetap. Pemenuhan terhadap kebutuhan air yang memadai merupakan kebutuhan dasar manusia. Dalam kerangka yang lebih luas, air juga sangat penting sebagai pendukung kebutuhan.

Kebutuhan air baku untuk berbagai keperluan, terutama air baku untuk rumah tangga, tempat – tempat umum, dan industri, akan terus meningkat berdasarkan jumlah penduduk yang terus bertambah dan semakin berkembangnya laju pembangunan di berbagai bidang. Di sisi lain, jumlah penyediaan prasarana air baku yang ada saat ini masih relative terbatas, sehingga belum dapat memenuhi semua kebutuhan air. Masalah ketersediaan air baku ini juga dihadapi oleh penduduk di wilayah Dusun Batulayar Desa Batulayar Kabupaten Lombok Barat. Meskipun wilayah tersebut memiliki sumber air (air permukaan, air sungai, air bawah tanah dan mata air) yang cukup memadai, namun yang menjadi kendala adalah bagaimana cara menangkap dan menyalurkan air dari sumber air tersebut secara optimal sehingga dapat dimanfaatkan oleh penduduk. Sarana dan prasarana dalam sistem penyediaan air baku seperti Pembangunan Bendung yang perlu didesain dan dibangun agar masyarakat dapat memenuhi kebutuhan air tanpa harus bersusah payah mengambil langsung kesumber air yang terkadang sangat sulit dijangkau. Dengan memperhatikan lokasi serta potensi yang ada, maka diharapkan kebutuhan air baku di Dusun Batulayar Desa Batulayar Kabupaten Lombok Barat dapat terpenuhi.

Berdasarkan Pasal 2 Undang – undang No.11 Tahun 1974 tentang Pengairan, dinyatakan bahwa “Air beserta sumber-sumbernya termasuk kekayaan alam yang terkandung di dalamnya mempunyai fungsi sosial serta digunakan sebesar – besarnya untuk kemakmuran rakyat”. Hal ini dapat diatasi dengan beberapa alternative yang salah satu diantaranya adalah dengan membangun prasarana untuk pemenuhan kebutuhan air baku masyarakat.

Oleh karena itu, untuk menunjang kebutuhan air baku yang dicanangkan oleh Universitas Muhammadiyah Mataram tersebut maka perlu dilakukan studi terhadap lokasi “Perencanaan Bendung untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku pada Dusun Batulayar Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat”. Diharapkan dengan adanya bendung ini yang disertai sistem irigasi yang baik maka hasil panen petani dapat meningkat dan kebutuhan air baku untuk masyarakat terpenuhi dengan baik. Tujuan dibuatnya bendung adalah untuk menaikkan muka air di hulu bendung sehingga air dapat disadap dan dialirkan ke daerah yang membutuhkan secara kontinyu. Setelah berfungsinya bendung ini maka diharapkan dapat meningkatkan kebutuhan air baku dan ekonomi di sektor pertanian.

Pada dasarnya bangunan yang menyalurkan air irigasi sampai kelahan-lahan pertanian yang diinginkan dapat dibagi menjadi dua golongan besar yaitu :

1. Bangunan Utama

Yaitu bangunan air yang mengolah dan mengelola air sampai kelahan pertanian yang dimaksud, termasuk disini adalah bangunan pengambilan. Dan bangunan utama merupakan bangunan melintang sungai yang menyadap air sungai disalurkan kesaluran irigasi untuk keperluan irigasi, air baku, dan lain-lain. Bangunan utama memiliki fungsi dan tujuan untuk menaikkan elevasi muka air sungai, mengalirkan air sungai kesaluran irigasi melalui intake (bangunan pengambilan), mengontrol sedimen yang masuk kesaluran irigasi, menstabilkan muka air sungai, dan menyimpan air dalam waktu singkat.

2. Bangunan Pelengkap

Yaitu bangunan yang digunakan untuk mengatasi agar saluran tetap dapat membawa air kelahan pertanian serta mengatasi penyebab kemunduran dan kerusakan pada saluran.

Pengembangan jaringan irigasi dilakukan dengan memanfaatkan kondisi air sampai di lapangan. Maka dari itu perlu adanya peninjauan lebih dahulu mengenai besarnya debit air dan tinggi muka air, karena debit dan tinggi muka air sangat menentukan bentuk bangunan utama pada bangunan pengambilan air untuk jaringan irigasi tersebut.

Pada umumnya sebuah sungai mengalami dua periode pengaliran, periode pertama adalah periode dimana debit sungai sangat besar sehingga terkadang sampai meluap dan menimbulkan banjir di daerah sekitar, sedangkan periode yang kedua adalah periode dimana debit masih mencukupi namun ketinggian muka air tidak memenuhi untuk mengalirkan air kesaluran induk.

Untuk sungai yang memiliki debit yang cukup, tetapi tinggi muka air nya tidak mencukupi untuk dialirkan kesaluran induk, maka harus dibuat bangunan bendung. Bangunan bendung ini berfungsi untuk menaikkan tinggi muka air sungai sehingga mampu mengairi lahan yang luas. Untuk itu perencanaan bangunan irigasi yang matang dan sesuai dengan kondisi pertanian yang ada akan membawa keberhasilan pada penyaluran air kelahan yang membutuhkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

- a. Berapa besar debit banjir rencana yang akan dilewatkan pada Bendung Batu Layar.
- b. Berapa kebutuhan air baku dan air irigasi yang harus dipenuhi.

- c. Berapa dimensi Bendung Batu Layar dan bangunan pelengkapya berdasarkan kondisi
- d. Bagaimana kestabilan bendung pada konsisi banjir dan kondisi normal sungai.
- e. Berapa rencana anggaran biaya yang dibutuhkan.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud penulisan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Bendung untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku pada Dusun Batulayar Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat” ini adalah merencanakan Bendung Batu Layar untuk menunjang kebutuhan air baku di D.I. Batu Layar.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Melakukan analisis hidrologi untuk menghitung debit banjir rencana yang akan dilewatkan pada Bendung Batu Layar.
- b. Melakukan analisis hidrolis dan struktur bendung untuk menentukan dimensi Bendung Batu Layar dan bangunan pelengkapya berdasarkan kondisi hidrologi saat ini
- c. Melakukan analisis stabilitas bendung untuk menilai kestabilan Bendung Batu Layar pada kondisi banjir dan kondisi normal sungai.
- d. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

1.4 Lokasi Perencanaan

Lokasi Bendung ini direncanakan di Dusun Batu Layar, Kecamatan Batu Layar, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada Sungai Batubolong. Dusun Batu Layar dapat ditempuh dengan jalur darat dari Mataram \pm 20 km.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Perencanaan Bendung

1.5 Ruang Lingkup Pembahasan

Pelaksanaan Tugas Akhir ini akan lebih fokus pada segi perencanaan teknis Bendung Batu Layar dan fasilitas pendukung lainnya. Pembatasan masalah yang akan dibahas meliputi:

- a. Analisis hidrologi yang meliputi analisis curah hujan rata-rata daerah aliran sungai, analisis frekuensi curah hujan rencana, dan analisis debit banjir rencana.
- b. Analisis struktur bendung yang meliputi lebar efektif bendung, tinggi mercu bendung, tinggi air banjir di atas mercu, dimensi mercu, tipe dan dimensi kolam olak serta tinjauan terhadap gerusan.
- c. Analisis hidrolis dan desain bangunan pelengkap yang meliputi desain bangunan pembilas, desain bangunan pengambilan dan bangunan pembilas bendung.

- d. Analisis stabilitas bendung yang meliputi stabilitas bendung terhadap gaya hidrostatis (gaya geser), gaya angkat / *uplift pressure* dan gaya momen (gaya guling) baik pada kondisi banjir maupun kondisi normal.
- e. Gambar rencana.
- f. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan Tugas Akhir terdiri atas 5 Bab, yakni.

BAB I. Pendahuluan

Pada Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, lokasi perencanaan, ruang lingkup pembahasan dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

BAB II. Dasar Teori / Studi Literatur

Dalam Bab ini dijelaskan dasar teori yang berkaitan dengan permasalahan – permasalahan. Adapun yang dibahas yaitu teori – teori yang digunakan dalam perencanaan bendung seperti, pengisian data kosong atau hilang dari suatu data curah hujan, teori perhitungan analisis frekuensi, debit banjir rencana sampai analisa stabilitas bendung.

BAB III. Metodologi Perancangan

Pada Bab ini dibutuhkan data – data seperti data curah hujan, peta lokasi bendung, data morfologi atau situasi lokasi bendung, data pengujian tanah pada lokasi, data zona gempa.

BAB IV : Analisis Perencanaan

Dalam Bab ini membahas mengenai semua perhitungan dalam perencanaan bendung mulai dari perhitungan curah hujan sampai stabilitas tubuh bendung.

BAB V. Penutup

Pada Bab ini berisi kesimpulan Tugas Akhir dan Saran / Kritik.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Bendung

2.1.1. Umum

Bendung merupakan bangunan utama yang direncanakan atau dibangun di palung sungai atau coupe, yang berfungsi untuk meninggikan muka air sungai atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi atau dengan pompa ke tempat tertentu yang membutuhkan seperti irigasi, air minum, pembangkit energi, pengendali banjir. Dan biasanya bendung ditempatkan di palung sungai atau di sudetan.

Untuk menentukan rencana lokasi bendung yang efektif harus dievaluasi terhadap kriteria / aspek – aspek teknis maupun non teknis.

➤ **Aspek Teknis**

Hidroliks aliran banjir diusahakan alirannya tegak lurus terhadap mercu bendung agar aliran di udik mercu bendung merata dan tidak terjadi arus putar yang membahayakan terhadap konstruksi, baik bagian udik ataupun bagian hilir bendung.

Tanah pondasi bendung harus cukup kuat yaitu harus duduk pada lapisan tanah yang kuat dan tidak porus, hal ini sangat penting untuk kestabilan pondasi.

Topografi daerah di lokasi rencana bendung harus benar dipertimbangkan untuk kemudahan dalam pelaksanaan pembangunan bendung, saluran pengelak dan tanggul banjir tidak terlalu panjang dan luas genangan akibat back water dipertimbangkan harus seminimal mungkin.

Pembangunan bendung di palung sungai atau cououre, di pilih yang menguntungkan secara teknis baik biaya dan saat pelaksanaan.

Geologi harus tinjau dari segi :

- Mofologi
- Litologi
- Kekuatan lapisan tanah / batuan pondasi
- Kestabilan tanah
- Struktur geologi

➤ Aspek Non Teknis

Pertimbangan biaya pembangunan bendung (*cost rfrctiveness*), biaya pembangunan benar-benar harus dipertimbangkan seefektif mungkin agar dalam biaya pembangunan tidak terlalu besar dan royal.

Ruang gerak kerja pada waktu pelaksanaan pembangunan / implementasi bendung dan saluran pengelak tidak akan mengalami kesulitan.

Yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi bendung, yaitu :

1. Q minimum,
2. Elevasi air minimum pada sungai,
3. Jarak daerah irigasi dengan lokasi bendung,
4. Penampang sungai,
5. Kandungan sedimen transportnya,
6. Geologi dan mektan sungai.

Manfaat dari bendung itu sendiri adalah:

1. Untuk keperluan irigasi,
2. Meninggikan muka air,
3. Untuk kebutuhan air baku,
4. Sebagai penambah persediaan air saat musim kemarau,
5. Sebagai pembangkit tenaga listrik,
6. Dll.

2.1.2. Klasifikasi Bendung

2.1.2.1 Berdasarkan Fungsinya

Bendung terbagi menjadi :

- Bendung penyadap : berfungsi sebagai penyadap aliran sungai untuk berbagi keperluan seperti untuk irigasi, air baku, dan sebagainya.
- Bendung pembagi banjir ; berfungsi untuk mengatur muka air sungai sehingga terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitasnya dan dibangun di percabangan sungai.
- Bendung penahan pasang ; berfungsi untuk mencegah masuknya air asin, dan dibangun di bagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut.

2.1.2.2 Berdasarkan Lama Pemakaian (Waktu Operasional)

Bendung terbagi menjadi :

- Bendung permanen, seperti bendung pasangan batu, beton, kombinasi beton dan pasangan batu.
- Bendung semi permanen, seperti bendung bronjong, cerucuk kayu dan lain sebagainya.
- Bendung darurat, biasanya dibuat oleh masyarakat pedesaan seperti tumpukan batu dan sebagainya.

2.1.2.3 Berdasarkan Tipe Strukturnya

Bendung terbagi menjadi :

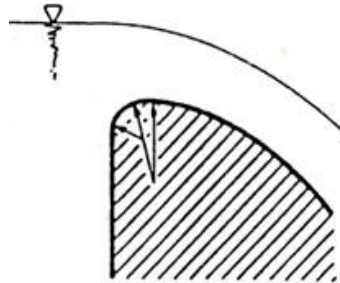
- Bendung tetap

Merupakan bangunan peninggi muka air pada bagian hulu sungai yang memiliki mercu statis, konstruksinya pemanen, biasanya terbuat dari pasangan batu kali atau beton.

Bendung tetap ini memiliki tipe yang biasa di pakai dalam dunia konstruksi sipil tipe kurva yaitu bendung dengan mercu kurva dapat memberikan keuntungan dari segi teknis yakni pemakaian bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air di bagian hulu selama banjir. Dan dikarenakan adanya lengkung mercu yang *streamline* dan tekanan yang negatif pada bendung maka akan memberikan koefisien debit 44% lebih tinggi disbanding koefisien bendung ambang lebar.

Tipe ini memiliki 2 (dua) bentuk mercu yang kemudian dikelompokkan sebagai berikut :

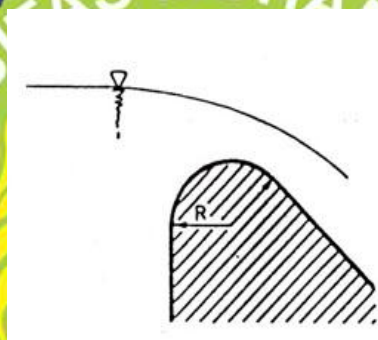
1. Tipe Ogee



Gambar 2.1 Mercu Ogee

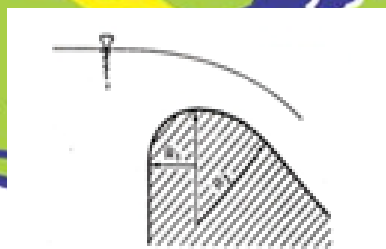
2. Tipe bulat, yang memiliki 2 (dua) macam radius yakni

➤ 1 (satu) Radius



Gambar 2.2 Mercu Bulat dengan Satu Radius

➤ 2 (dua) Radius



Gambar 2.3 Mercu Bulat dengan Dua Radius

- Bendung Gerak

Merupakan tipe bendung dengan bentuk mercu dan tubuh bendung yang dapat bergerak naik turun disesuaikan dengan kondisi air banjir, sehingga banjir di hilir bendung dapat dihindarkan.

Bendung gerak memiliki 2 (dua) tipe bendung yakni :

1. Tipe gerak pintu,
2. Tipe gerak karet

 - Bendung Kombinasi

Yaitu merupakan kombinasi antara bendung tetap dan gerak, dan banyak dipakai untuk mengalirkan air berlebih melalui pintu baja yang terletak pada tubuh bendung kombinasi tersebut.

- Bendung Saringan Bawah

Merupakan bangunan peninggi muka air pada bagian hulu sungai yang memiliki mercu yang tidak dapat digerakkan (permanen) dan biasanya terbuat dari batu kali atau cor yang memiliki saringan dibagian bawah mercunya arah tegak lurus dan berfungsi untuk menampung air yang sudah bebas dari bahan organik dan anorganik tertentu untuk diolah menjadi air minum.

Pada bahasan Tugas Akhir Semester V ini yang menjadi pokok bahasan adalah bendung tetap, sehingga pembahasan akan dititik beratkan pada bendung dengan jenis tersebut.

2.2 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi, baik ditinjau secara kuantitas maupun kualitas yang secara umum dalam 2 (dua) katagori yaitu :

1. Hidrologi Pemeliharaan

Hal ini menyangkut pemasangan alat-alat ukur pada stasiun pengamatan, data klimatologi, data debit, dan curah hujan

2. Hidrologi Terapan

Berhubungan dengan hukum-hukum yang berlaku berdasarkan ilmu murni pada kejadian praktis dalam kehidupan.

Pada kegiatan perancangan bendung tetap yang bertujuan untuk keperluan irigasi dan air baku, tercakup langkah-langkah analisis hidrologi sebagai berikut :

- a. Menentukan curah hujan rata-rata suatu DPS,
- b. Memperkirakan frekuensi atau periode ulang tertentu,
- c. Memperkirakan debit banjir rencana.

2.2.1 Curah Hujan

Curah hujan yang dipakai untuk perancangan Bendung adalah curah hujan harian maksimum dan curah hujan bulanan. Apapun metode yang dipakai untuk menganalisa curah hujan rata-rata tersebut, adalah sebagai berikut :

1. Metode rata-rata hitung (*Arithmetic Mean*)

Cara ini adalah cara yang paling sederhana dan biasanya digunakan untuk daerah mendatar dengan jumlah pos curah hujan yang cukup banyak dan dengan anggapan bahwa curah hujan di daerah tersebut bersifat seragam (*uniform distributuin*).

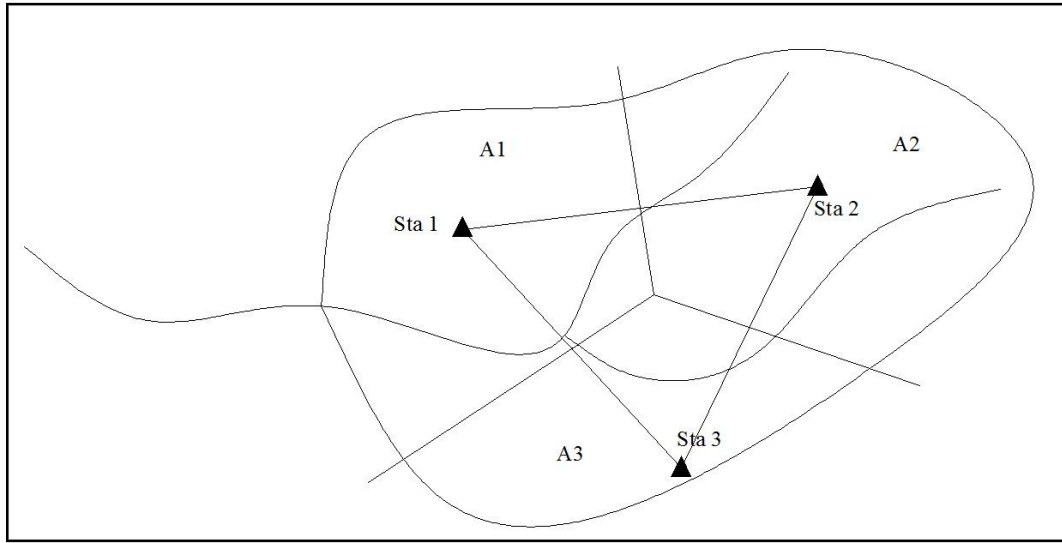
$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

- \bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)
R1- Rn = Curah hujan masing-masing stasiun (mm)
n = Jumlah stasiun hujan

2. Metode Thiessen

Cara ini diperoleh dengan membuat polygon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis hubung dua pos penakar hujan (Rn) akan terletak pada suatu wilayah polygon tertutup dengan luas (An). Metode ini bisa digunakan jika kondisi curah hujan tidak merata dan jumlah stasiun curah hujan sedikit.



Gambar 2.4 Poligon Thiesen

$$\bar{R} = \frac{R1.A1+R2.A2+R3.A3+ \dots +Rn.An}{At} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- \bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)
- R1- Rn = Curah hujan masing-masing stasiun (mm)
- A1- An = Luas yang dibatasi oleh poligon (km²)
- n = Jumlah stasiun hujan

2.2.2 Analisis frekuensi

Analisa frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap n tahun. Dan ada beberapa metoda untuk memperkirakan kejadian berulang ini diantaranya :

- Metode Gumbel

Terdiri dari 2 cara yaitu :

Cara analisis

Rumus yang digunakan adalah :

$$X_t = X_a + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \times S_x \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- X_t = Besarnya curah hujan yang diharapkan dalam setiap t tahun
- X_a = Curah hujan rata-rata dari suatu *catchment area* / DAS

- Y_t = Reduced variated (tabel 2.1 Harga Reduce Variated)
 Y_n = Reduced mean (tabel 2.2 Harga Reduce Mean)
 S_n = Reduced standard deviation (tabel 2.3 Reduced Standard Deviation)
 S_x = Standard deviation

Tabel 2.1 Harga Reduce Variated (Y_t)

Return Period (years)	Reduced Variated
2	0.3665
5	14.999
10	22.502
20	29.606
25	31.985
50	39.019
100	46.001

Tabel 2.2 Harga Reduce Mean (Y_n)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5558	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599

n = Kurun waktu pengamatan data curah hujan

Tabel 2.3 Harga Reduce Standard Deviation (Sn)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1449	1.1619	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.6070	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.7470	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1891	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2037	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060

n = Kurun waktu pengamatan data curah hujan

Cara grafis

Metode awal dari Gumbel yang merupakan cara manual dengan metode pemasukan koordinat X (curah hujan) dan Y (*reduced variated*) pada media *Gumbel Paper*, sehingga akan membentuk satu garis diagonal lurus yang memotong angka periode tahunan (curah hujan maksimum pada periode ulang tersebut).

Rumus yang digunakan adalah : $X = N + \frac{1}{\alpha} \times Y$ (2.4)

Dimana :

X = Nilai curah hujan pada periode ulang tahunan tersebut (mm)

N = $X_a - (\frac{1}{\alpha} + Y_n)$, (mm)

X_a = Rata-rata jumlah curah hujan selama pengamatan (mm)

1/α = S_x / S_n

S_x = Standar Deviasi

S_n = *Reduced standar deviation* (lihat **tabel 2.7**)

Y_n = *Reduced mean* (lihat **tabel 2.6**)

Y = Periode ulang

➤ Metode *Log Pearson III*

Cara lain yang menggunakan metode statistik dalam perhitungannya adalah Metode *Log Pearson III*.

Garis besar cara ini adalah sebagai berikut :

1. Ubahlah data curah hujan tahunan sebanyak n buah X_1, X_2, \dots, X_n menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

2. Hitung harga rata-rata nya dengan rumus berikut ini :

$$\log X = \log x_a + G \cdot S_i \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

$\log X$ = Logaritma data curah hujan

$\log x_a$ = Rata-rata logaritma data curah hujan

S_i = Standar deviasi logaritma data curah hujan

$$\log X_a = \frac{\sum \log x_i}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

3. Hitung harga standard deviasinya dengan rumus :

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \log x_a)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.7)$$

4. Hitung koefisien kepengangan dengan rumus sebagai berikut

$$C_s = \frac{\sum (\log x_i - \log x_a)^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S_i)^3} \dots\dots\dots (2.8)$$

5. Hitung logaritma curah hujan dengan return period yang dikehendaki dengan rumus :

$$\log Q = \log X + (G \times S_i) \dots\dots\dots (2.9)$$

Harga G dapat diambil dari tabel 2.4

Tabel 2.4 Skew Coefficient (C_s) untuk distribusi *Log Pearson III*

Coefficient (Cs)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	Probabilitas Kemungkinan Terjadinya					
	50	20	10	4	2	1
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.4	-0.255	0.705	1.337	2.128	0.706	3.271
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	0.626	3.149
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.98	2.453	2.891
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.539	2.755
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.017	2.400
0.0	0.000	0.842	1.282	1.750	2.054	2.326
-0.1	0.017	0.836	1.270	1.716	2.000	2.252
-0.2	0.033	0.850	1.258	0.680	1.945	2.178
-0.3	0.050	0.883	1.245	1.643	1.890	2.104
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.499
-1.4	0.225	0.832	1.041	0.198	1.270	1.318
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	0.282	0.799	0.954	1.035	1.069	1.087
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.5	0.360	0.711	0.711	0.793	0.796	0.799

➤ Metode *Haspers*

Metode ini tidak menggunakan statistik. Rumus yang digunakan :

$$X_t = R_a + (\mu \times S_x) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$S_x = \frac{1}{2} \left(\left(\frac{R_1 - R_a}{\mu_1} \right) + \left(\frac{R_2 - R_a}{\mu_2} \right) \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

R_t = curah hujan dengan return periode 1 tahun (mm)

R_a = curah hujan rata-rata (mm)

S_x = standar deviasi untuk pengamatan n tahun

R_1 = curah hujan maksimum absolut 1

R_2 = curah hujan maksimum absolut 2

μ = *standard valuable* untuk periode ulang T

μ_1 = *standard variable* untuk peroido ulang R_1 (tabel 2.5)

μ_2 = *standard variable* untuk periode ulang R_2 (tabel 2.5)

Untuk mencari μ harus dicari terlebih dahulu nilai T yang digunakan untuk melihat tabel, sehingga nilai U diperoleh g digunakan :

$$\mu_1 \rightarrow T_1 = \frac{n+1}{m_1} ; T_2 = \frac{n+1}{m_2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

m_1 & m_2 = masing-masing ranking dari curah hujan R_1 dan R_2

n = jumlah tahun pengamatan

μ = standar deviasi untuk return periode T

Tabel 2.5 Standard Variable untuk setiap harga return period

T	μ	T	μ	T	μ	T	μ
1.00	-1.86	6.0	0.81	38	2.49	94	3.37
1.01	-1.35	6.5	0.88	39	2.51	96	3.39
1.02	-1.26	7.0	0.95	40	2.54	98	3.41
1.03	-1.23	7.5	1.01	41	2.56	100	3.43
1.04	-1.19	8.0	1.06	42	2.59	110	3.53
1.05	-1.15	9.0	1.17	43	2.61	120	3.62
1.06	-1.12	10	1.26	44	2.63	130	3.70
1.08	-1.07	11	1.35	45	2.65	140	3.77
1.10	-1.02	12	1.43	46	2.67	150	3.84
1.15	-0.93	13	1.50	47	2.69	160	3.91
1.20	-0.85	14	1.57	48	2.71	170	3.97
1.25	-0.79	15	1.63	49	2.73	180	4.03
1.35	-0.68	17	1.74	52	2.79	200	4.14
1.40	-0.63	18	1.80	54	2.83	220	4.24
1.50	-0.54	19	1.85	56	2.86	240	4.33
1.60	-0.46	20	1.89	58	2.90	260	4.42
1.70	-0.40	21	1.94	60	2.93	280	4.50
1.80	-0.33	22	1.98	62	2.96	300	4.57
1.90	-0.28	23	2.02	64	2.99	350	4.77
2.00	-0.22	24	2.06	66	3.02	400	4.88
2.20	-0.13	25	2.10	68	3.05	450	5.01
2.40	-0.04	26	2.13	70	3.08	500	5.13
2.60	0.04	27	2.17	72	3.11	600	5.33
2.80	0.11	28	2.19	74	3.13	700	5.51
3.00	0.17	29	2.24	76	3.16	800	5.56
3.20	0.24	30	2.27	78	3.18	900	5.80
3.40	0.29	31	2.30	80	3.21	1000	5.92
3.60	0.34	32	2.33	82	3.23	5000	7.90
3.80	0.39	33	2.36	84	3.26	10000	8.83
4.00	0.44	34	2.39	86	3.28	50000	11.08
4.50	0.55	35	2.41	88	3.3	80000	12.32
5.00	0.64	36	2.44	90	3.33	500000	13.74
5.50	0.73	37	2.47	92	3.35		

Keterangan : T = *Return Period* dan μ = *Standard Variable*

2.2.3 Pengujian Terhadap Analisis Frekwensi

Dari metode analisa frekwensi diatas akan memberikan hasil perhitungan yang berbeda – beda, oleh karena itu harus menguji hasil mana yang merupakan terbaik, yaitu hasil dengan penyimpangan terkecil.

Test yang diadakan biasanya berdasarkan pada perbedaan antara nilai yang diamati atau yang dihitung dengan nilai-nilai yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah “Chi-square test”.

persamaan yang digunakan :

$$\text{Chi-square (} X^2 \text{)} = \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.13)$$

(“Cara Menghitung Design Flood, DPU” hal. 14)

dimana :

O_i = nilai X yang diamati

E_i = nilai X yang diharapkan

2.2.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Banjir adalah suatu keadaan aliran sungai, dimana permukaan airnya lebih tinggi daripada suatu ketinggian tertentu (pada umumnya ditetapkan sama dengan titik tinggi bantaran sungai).

Debit banjir adalah besarnya aliran sungai yang diukur dalam satuan m³/dt pada waktu banjir. Debit banjir rencana adalah debit banjir yang dipergunakan sebagai dasar untuk merencanakan kemampuan dan ketahanan suatu bangunan pengairan yang akan dibangun pada alur suatu sungai. Dalam menetapkan debit banjir rencana, harus diperhatikan pertimbangan – pertimbangan teknis dan ekonomis, selain itu harus diperhatikan juga pertimbangan – pertimbangan non teknis lainnya, seperti nilai – nilai yang patut, yang cocok dan sesuai dengan waktu dan keadaan setempat. Ada beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan debit banjir ini :

- Metode Rasional Dr. Mononobe

Rumus dasarnya adalah :

$$Q = \alpha \cdot r \cdot f \text{ (English Unit) } \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Q = \frac{\alpha \cdot r \cdot f}{3.6} \text{ (Metric Unit) } \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana :

α = run off coefficient

R = intensitas curah hujan selama *time of concentration* (mm/jam)

f = luas daerah pengaliran DPS (km²)

Q = debit maksimum (m³/detik)

Prosedur perhitungan :

1. Tentukan nilai α
2. Kemudian hitung nilai v dengan rumus :

$$v = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\left(\frac{H}{L} \right) = s = \text{kemiringan dasar saluran} \dots\dots\dots(2.17)$$

3. Hitung t dengan rumus :

$$t = \frac{0.9L}{v} \dots\dots\dots(2.18)$$

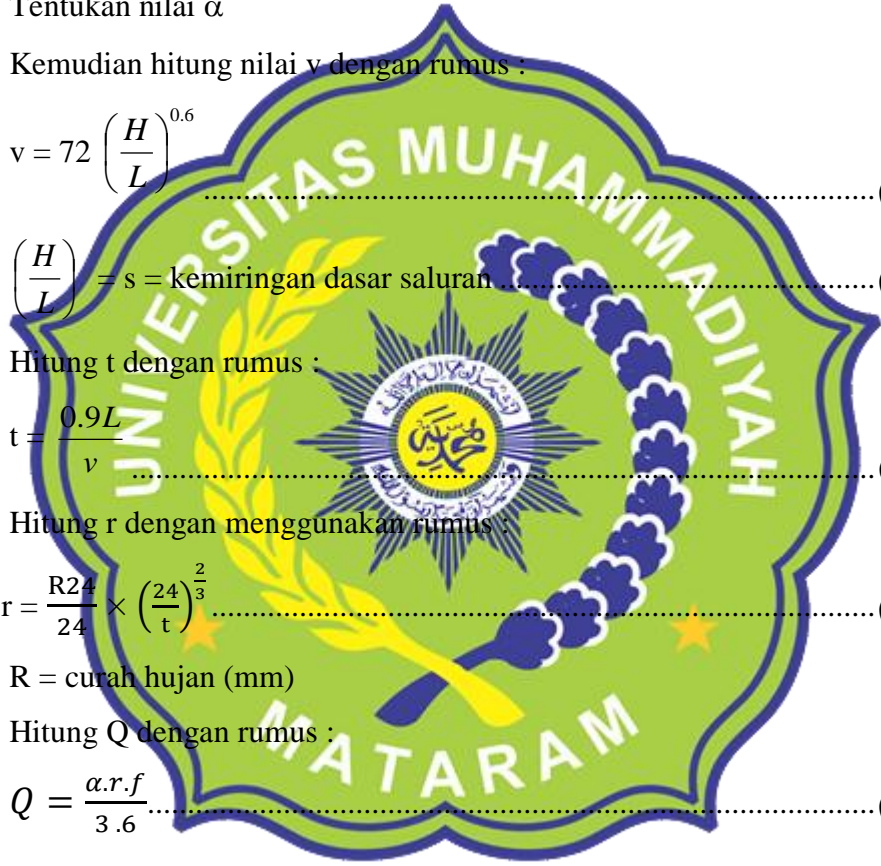
Hitung r dengan menggunakan rumus :

$$r = \frac{R24}{24} \times \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.19)$$

R = curah hujan (mm)

Hitung Q dengan rumus :

$$Q = \frac{\alpha.r.f}{3.6} \dots\dots\dots(2.20)$$



Tabel 2.6 Koefisien Pengaliran (α)

Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai	Koefisien Pengaliran
Daerah pegunungan yang curam	0.75 – 0.90
Daerah pegunungan tertier	0.70 – 0.80
Tanah bergelombang dan lautan	0.50 – 0.75
Tanah daratan tang ditanami	0.45 – 0.60
Persawahan yang dialiri	0.70 – 0.80
Sungai di daerah pegunungan	0.75 – 0.85
Sungai kecil daratan	0.45 – 0.75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari daratan	0.50 – 0.75

➤ Metode *Melchior*

Dasar dari metode ini adalah Rational. Metode ini dilakukan dengan cara membuat elips yang mengelilingi daerah pengaliran. Bentuk persamaan diambil berdasarkan persamaan *Pascher* :

$$Q_t = \alpha \times q \times f \times \frac{R_t}{200} \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana :

α = run of coefisient (koefisien pengaliran) tabel 2.6 disarankan diambil 0,52

R_m = curah hujan dengan periode ulang t tahun (mm)

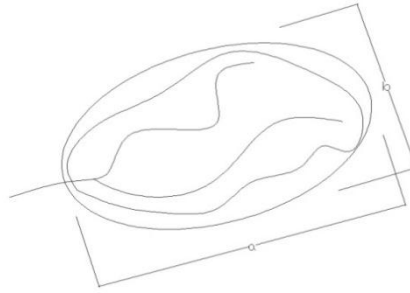
q = intensitas hujan ($m^3/km^2/dt$)

f = luas daerah pengaliran (km^2)

Langkah perhitungan metode *Melchior* :

1. Lukis elips yang mengelilingi DAS, dengan sumbu panjang (a) 1,5 kali sumbu pendek (b), kemudian hitung luasnya dengan rumus :

$$nf = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot a \cdot b \text{ (} km^2 \text{) } \dots\dots\dots(2.22)$$



Gambar 2.5 Model Pelukisan Elips pada DAS Sungai

2. Dari nilai n_f dapat dicari nilai $q = q_1$, dengan tabel 2.7
3. Hitung kecepatan dengan rumus :

$$v = 1,31 \sqrt[5]{q_1 \times F \times S^2} \times \left(\frac{\alpha}{0,52}\right)^{0,2} \dots\dots\dots(2.23)$$

s = kemiringan dasar sungai

4. Hitung waktu konsentrasi :
 $T = 1000L / 60 \cdot v$ (menit)
5. Tentukan nilai q_1 apakah = q_2 dengan melihat tabel 2.7
6. Demikian seterusnya sampai diperoleh nilai $q_n = q (n-1)$
7. Harga q akhir harus dikoreksi dengan melihat tabel 2.8

Tabel 2.7 Hubungan Harga n_f terhadap q

n_f ★	Q	n_f	★ Q
0.14	29.60	432	3.05
0.72	22.45	504	2.85
1.44	19.90	576	2.65
7.2	14.15	648	2.45
14	11.85	720	2.30
29	9.00	2080	1.85
72	6.25	1440	1.53
108	5.24	2160	1.20
144	4.75	2880	1.00
216	4.00	4320	0.70
288	3.60	5760	0.54
360	3.30	7200	0.48

Tabel 2.8 Faktor Koreksi Melchior

T (menit)	Kenaikan (%)	T (menit)	Kenaikan (%)
0-40	2	1330-1420	18
40-115	3	1420-1510	19
115-190	4	1510-1595	20
190-270	5	1595-1680	21
270-360	6	1680-1770	22
360-450	7	1770-1860	23
450-540	8	1860-1950	24
540-630	9	1950-2035	25
630-720	10	2035-2120	26
720-810	11	2120-2210	27
810-895	12	2210-2295	28
895-980	13	2295-2380	29
980-1070	14	2380-2465	30
1070-1150	15	2465-2550	31
1150-1240	16	2550-2640	32
1240-1330	17	2640-2725	33

➤ Metode Haspers

Rumus dasar dari metode ini sama dengan dua rumus terdahulu :

$$Q_t = \alpha \times \beta \times q \times f \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

Q_t = Debit dengan probabilitas ulang T tahun (m³/dt)

α = Run off coefficient

β = Reduction coefficient

f = Luas daerah pengaliran

q = Intensitas hujan yang diperhitungkan

Prosedur perhitungan :

1. Hitung nilai α dengan rumus :

$$\alpha = \frac{1+0.012f^{0.7}}{1+0.075f^{0.7}} \dots\dots\dots(2.25)$$

Hitung nilai β dengan rumus :

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+3.7 \times 10^{-0.4.t}}{t^2+15} \times \frac{f^{0.75}}{12} \dots\dots\dots(2.26)$$

Hitung t dengan rumus :

$$t = 0,1 \cdot L \cdot 0,8 \cdot s - 0,3 \dots\dots\dots(2.27)$$

s = kemiringan dasar sungai

Hitung p dengan rumus :

(untuk t < 2 jam)

$$r = \frac{(t \times R)}{(t+1) - (0.08 \times (260-R) \times (2-t)^2)} \dots\dots\dots(2.28)$$

(untuk 2 jam < t < 19 jam)

$$r = \frac{t \times R}{t + 1} \dots\dots\dots(2.29)$$

(untuk t 19 jam < t < 30 jam)

$$r = 0.707 \times R \times \sqrt{t + 1} \dots\dots\dots(2.30)$$

R = curah hujan (mm)

Hitung q dengan rumus :

$$q = p / (3,6 \cdot t) \dots\dots\dots(2.31)$$

(t dalam jam)

$$q = p / (86,4 \cdot t) \dots\dots\dots(2.32)$$

(t dalam hari)

2.2.5 Analisis Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang dibutuhkan dan selalu ada setiap saat. Untuk menghitung besarnya debit andalan digunakan curah hujan efektif dengan intensitas yang didasarkan pada kemungkinan 80%.

Besarnya debit andalan dengan dihitung dengan menggunakan metode rasional (Dr. Mononobe).

Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{\alpha \times r \times f}{3.6} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

- α = Koefisien pengaliran (tabel 2.6)
- r = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- f = Luas daerah pengaliran DPS (km²)
- Q = Debit maksimum (m³/detik)

Prosedur perhitungan :

1. Tentukan nilai α
2. Kemudian hitung nilai v dengan rumus :

$$v = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \dots\dots\dots(2.34)$$

$\left(\frac{H}{L} \right) = s =$ kemiringan dasar saluran

3. Hitung t dengan rumus :

$$t = \frac{0.9L}{v} \dots\dots\dots(2.35)$$

Hitung r dengan menggunakan rumus :

$$r = \frac{\left(R \cdot 24^{\frac{2}{3}} \right)}{24 \cdot t} \dots\dots\dots(2.36)$$

R = curah hujan (mm)

Hitung Q dengan rumus :

$$Q = \frac{\alpha \cdot r \cdot f}{3.6} \dots\dots\dots(2.37)$$

2.2.6 Analisis Pendimensionian Bendung

Mercu Bendung

Elevasi mercu bendung ditentukan berdasarkan beberapa pertimbangan:

- Elevasi sawah tertinggi yang akan dialiri,
- Kehilangan tekanan mulai dari intake sampai dengan saluran pengendap,
- Pengaruh elevasi mercu bendung terhadap panjang bendung untuk mengalirkan debit banjir rencana,
- Untuk mendapatkan sifat aliran sempurna.
- Kriteria lain yang harus dipenuhi dalam penentuan elevasi mercu bendung antara lain yaitu:
- Harus terpenuhi pencapaian pengaliran air ke bangunan pengendap,
- Perkiraan respon morfologi sungai dibagian hulu dan hilir terhadap bendung dan elevasi tersebut,
- Kestabilan bendung secara keseluruhan, biaya pembangunan, dengan tidak menutup kemungkinan pemilihan lokasi lain.

Dalam penentuan elevasi mercu bendung dapat dilakukan langkah kegiatan sebagai berikut:

Kedalaman air di sawah	0,15	
HTT energi di saluran dan boks tersier	0,15	
HTT energi di bangunan sadap tersier	0,20	
HTT eksploitasi	0,20	
Panjang dan kemiringan saluran primer	0,14	
HTT bangunan ukur jaringan primer	0,45	
HTT energi dipintu pengambilan saluran	0,15	
Panjang dan kemiringan kantong lumpur	0,06	
HTT dipintu pengambilan utama	0,15	
Tinggi cadangan untuk nercu	0,15	+
	1,80	
Elevasi sawah yang akan diairi	X	+
Elevasi mercu bendung	X + 1,80	

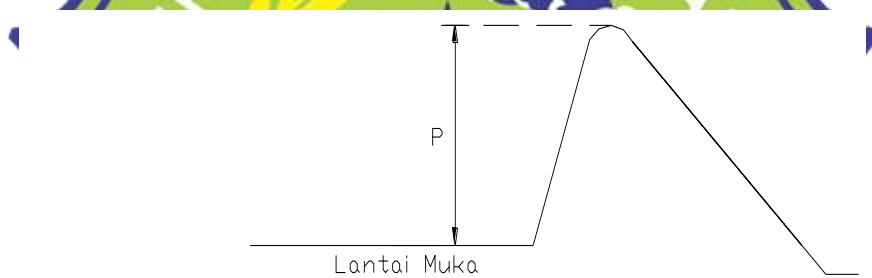
Tinggi mercu bendung, p , yaitu ketinggian antara elevasi mercu dan elevasi lantai hulu/dasar sungai di hulu bendung. Diusahakan agar tinggi bendung di atas dasar sungai tidak terlalu tinggi untuk menghindari berbagai kesulitan dalam stabilitas maupun pelaksanaan.

Dalam menentukan tinggi mercu bendung maka harus dipertimbangkan terhadap :

- Kebutuhan penyadapan untuk memperoleh debit dan tinggi tekanan,
- Kebutuhan tinggi energi untuk pembilasan,
- Tinggi muka air genangan yang akan terjadi,
- Kesempurnaan aliran pada bendung,
- Kebutuhan pengendalian angkutan sedimen yang terjadi di bendung.

Rumus yang digunakan adalah :

$$P = \text{elevasi mercu} - \text{elevasi lantai muka} \dots\dots\dots(2.38)$$



Gambar 2.6 Tinggi Mercu

Jari-jari Mercu Bendung (r)

Di Indonesia pada umumnya digunakan dua type mercu untuk bendung tetap atau pelimpah, type bulat dan type ogee. Kedua bentuk mercu tersebut dapat dipakai baik untuk konstruksi beton maupun pasangan batu atau bentuk kombinasi keduanya.

- Mercu Bulat

Bendung dengan mercu bulat dapat memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. Harga koefisien debit 44% lebih tinggi dibanding koefisien bendung lebar, karena lengkung streamline dan tekanan negatif pada

mercu. Syarat jari – jari mercu bendung berdasarkan kp.02 halaman 42, yaitu :

- untuk mercu terbuat dari beton berkisar dari 0.1 sampai dengan 0,7 H1 maks
- untuk mercu terbuat dari pasangan batu berkisar dari 0,3 sampai dengan 0,7 H1 maks

Bentuk mercu bendung harus didesain sesederhana mungkin sesuai dengan kriteria desain untuk memudahkan dalam pelaksanaan. Kriteria yang dimaksud menyangkut :

- parameter aliran
- debit rencana untuk kapasitas limbah
- kemungkinan kavitasi dan benturan batu

Salah satu type mercu bulat dengan satu radius adalah *type Bunchu* dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_d = m \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{g} \cdot d \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana :

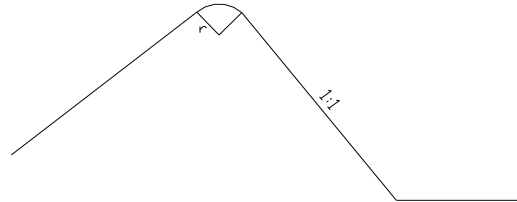
- Qd = debit banjir rencana (m³/det)
- m = koefisien pengaliran
= 1,49 – 0,018 (5 – h/r)
- b = lebar efektif mercu bendung (m)
- d = 2/3 H
- H = h + k
- h : tinggi air diatas mercu bendung (m)
- k : tinggi kecepatan
: 4/27 . m² . h³ . (1 / (h + p))²

Dari rumus tersebut akan didapat harga d, dari harga d tersebut dapat pula diperoleh nilai H dengan rumus :

$$H = \frac{3d}{2} \dots\dots\dots(2.40)$$

Harga H ini dipergunakan untuk mencari harga r dengan persamaan :

$$H/r = 3,8 \dots\dots\dots(2.41)$$



Gambar 2.7 Jari-jari Mercu

Sedangkan untuk mercu bendung dengan dua jari – jari (R2), jari – jari hilir digunakan untuk menentukan harga koefisien debit.

Persamaan debit diatas mercu :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{2}{3} \times g\right)} \cdot b_{ef} \cdot H_1^{3/2} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

Q = debit aliran (m³/dt)

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

b_{ef} = lebar efektif mercu (m)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

H₁ = tinggi energi di hulu bendung

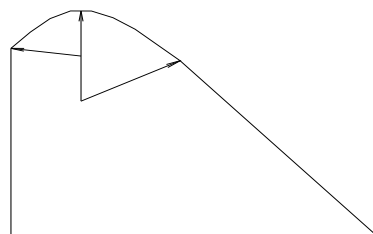
$$\star = h_1 + V_1^2/2g$$

koefisien debit C_d, adalah :

$$C_0 = f (H_1/r) \quad (\text{gambar 4.5 – kp.02})$$

$$C_1 = f (p/H_1) \quad (\text{gambar 4.6 – kp.02})$$

$$C_2 = f (p/H_1) \text{ kemiringan hulu bendung (gambar4.7 kp.02)}$$



Gambar 2.8 Mercu Bulat dengan 2 jari – jari

- Mercuri *Ogee*

Mercu *ogee* berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aliran. Oleh kerana itu bendung dengan mercu type ini tidak akan memberikan tekanan sub-atmosfer (tekanan negatif) pada permukaan mercu. Pada waktu bendung mengalirkan air pada debit banjir rencana.

Mercu *Ogee* bentuk standar yang disusun oleh *U.S. Army Corps of Engineers*, berdasarkan data – data hasil percobaan *U.S. Bureau of Reclamation* (*USBR*). Bentuk – bentuk baku ini disebut *standard W.E.S* (*Waterways Experiment Station*).

Persamaan profil penampang mercu :

$$x = k \cdot H_d n - 1 \cdot y \dots\dots\dots (kp.02 \text{ halaman}46)$$

Dimana :

x, y = koordinat profil mercu dimulai dari titik tertinggi mercu

H_d = tinggi energi rencana diatas mercu tanpa tinggi kecepatan aliran yang masuk.

k, n = parameter yang tergantung pada kemiringan mercu bagian hulu.

Nilai k dan n ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2.9 Nilai k dan n

Kemiringan Muka Bagian hulu	K	n
Tegak lurus	2	1,85
3 : 1	1,936	1,836
3 : 2	1,939	1,810
1 : 1	1,873	1,776

Persamaan antara tinggi energi dan debit untuk bendung mercu *Ogee*, adalah:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} x g} \cdot b_{ef} \cdot H^{3/2} \dots \dots \dots (2.43)$$

Dimana : (lihat Gb. 4.9 – kp.02)

Q = debit rencana (m³/dt)

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

Co = 1,30 (konstanta)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

b_{ef} = lebar efektif mercu (m)

H1 = tinggi energi diatas ambang (m)

C1 = f (p/hd) dan (H1/hd) (gb. 4.0 kp-02)

C2 = f (p/H1) dan kemiringan permukaan (gb. 4.7 kp-02)

1. Lebar Bendung

Lebar bendung yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (abutment), sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian stabil. Lebar maksimum bendung hendaknya tidak lebih dari 6/5 kali lebar rata – rata sungai.

Dalam penentuan panjang mercu bendung, maka harus diperhitungkan terhadap:

- Kemampuan melewati debit desain dengan tinggi jagaan yang cukup,
- Batas tinggi muka air genangan maksimum yang diijinkan pada debit desain.

Berkaitan dengan itu panjang mercu dapat diperkirakan:

- Sama dengan lebar rata – rata sungai stabil atau pada debit penuh alur (bank full discharge)

- Umumnya diambil sebesar 1,2 kali lebar rata – rata, pada ruas sungai yang telah stabil.

Pengambilan panjang mercu bendung tidak boleh terlalu pendek dan tidak pula terlalu lebar. Bila desain panjang mercu bendung terlalu pendek, akan memberikan tinggi muka air di atas mercu lebih tinggi. Akibatnya tanggul banjir di hulu akan bertambah tinggi pula. Demikian pula genangan banjir akan bertambah luas. Sebaliknya bila terlalu lebar dapat mengakibatkan profil sungai bertambah lebar pula sehingga akan terjadi pengendapan sedimen di hulu bendung yang dapat menimbulkan gangguan penyadapan aliran ke intake.

Agar pembuatan bangunan peredam energi tidak terlalu mahal, maka aliran persatuan lebar berkisar 12 – 14 m³/dt m.

Sedangkan lebar efektif bendung (Bef) adalah lebar bendung yang bermanfaat untuk melewati debit. Dalam menentukan panjang mercu bendung efektif harus diketahui bagaimana pintu bilas dioperasikan. Sudah merupakan salah satu ketentuan dalam pengoperasian pintu bilas dan intake waktu banjir harus ditutup. Sehingga tidak ada aliran yang lewat bawah pintu pembilas. Dan aliran yang melimpah melalui pintu bilas tidak semulus dibandingkan dengan aliran yang melimpah melalui mercu bendung. Karena itu kapasitas melewati atas pintu pembilas biasanya hanya diambil sebesar 80% dari panjang rencana, untuk mengkompensasi perbedaan koefisien debit dibandingkan dengan mercu bendung. *Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 38"*

Rumusya adalah :

$$Bef = B - 2.(N \times Kp + Ka).H \dots\dots\dots(2.44)$$

Dimana :

- Bef = Lebar efektif bendung (m)
- B = Lebar mercu bendung (m)
- N = Jumlah pilar

Kp = Koefisien kontraksi pilar (diambil 0,01 untuk pilar berujung bulat dari tabel KP-02)

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung (diambil 0,1 dari tabel KP-02)

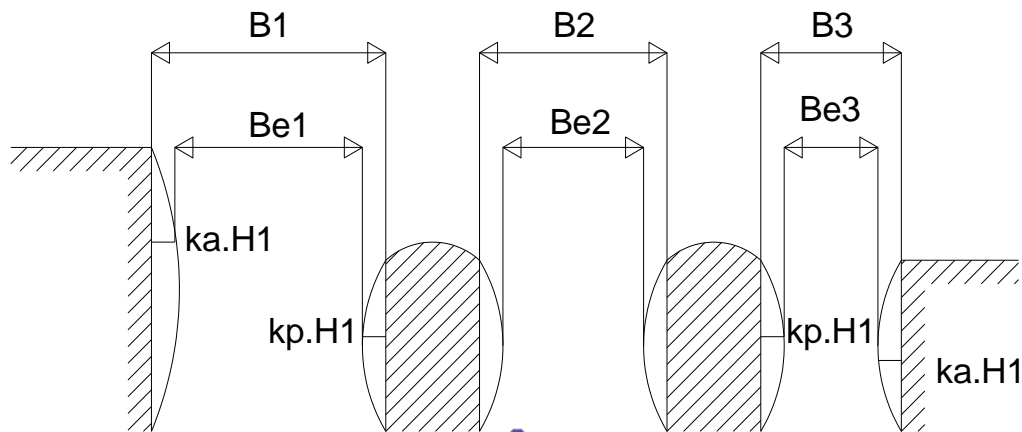
Harga – harga koefisien kontraksi

Tabel 2.10 Nilai Kp

	Kp
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut – sudut yang dibulatkan	0,02
Untuk pilar berujung bulat	0,01
Untuk pilar berujung runcing	0

Tabel 2.11 Nilai Ka

	Ka
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran	0,2
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran dengan $0,5 H_1 > r > 0,15 H_1$	0,1
Untuk pangkal tembok bulat dimana $r > 0,5 H_1$ dengan tembok hulu tidak lebih dari 45° kearah aliran	0



Gambar 2.9 Lebar Efektif

2. Tebal Pilar

Pilar – pilar yang terdapat pada tubuh bendung kemungkinan adalah pilar – pilar jembatan dan pilar-pilar pintu pembilas. Tebal pilar jembatan ditentukan oleh beban yang akan ditanggungnya dan bahan yang digunakan, yaitu:

- Pilar dengan pasangan batu kali, tebal (2 – 3) m.
- Pilar dari beton, tebal (1 – 2) m.

Pilar dapat dibuat dari bermacam – macam jenis bahan antara lain pasangan batu kali dan beton bertulang atau tanpa tulangan.

Tebal pilar pintu bilas, tergantung ada tidaknya pengambilan lewat tubuh bendung dan tergantung dari lebar pintu bilas serta tinggi pilar itu sendiri.

➤ Tinggi Muka Air Banjir

Tinggi muka air banjir adalah tinggi muka air yang tercapai apabila sewaktu – waktu terjadi banjir yang membawa debit air sebesar debit rencana yang sudah dihitung. Tinggi ini dihitung untuk menentukan tinggi bangunan penahan tanah (abutment) sehingga apabila terjadi banjir maka air sungai tidak akan meluap keluar.

Untuk mencari tinggi muka air maksimum di atas mercu bendung tergantung dari sifat pengalirannya. Syarat suatu pengaliran disebut

sempurna bila tinggi air di belakang bendung, diatas mercu tidak melebihi $2/3 h_o$, bila h_o adalah tinggi air diatas hulu mercu.

Karena fungsi tersebut, maka kita harus menghitung tinggi muka air banjir ini pada dua tempat yaitu :

➤ Di Hulu

Yaitu tinggi muka air banjir pada bagian hulu dari tuibuh bendung. Yang dimaksudkan disini adalah tinggi muka air diatas mercu pada saat banjir rencana. Perhitungan yang dilakukan adalah dengan cara coba – coba, yaitu dengan mencari nilai h yang tetap agar didapatkan debit banjir yang sesuai dengan yang diinginkan.

Untuk menghitungnya kami menggunakan rumus Bunzhu, yaitu :

$$Q_d = m \cdot B_{eff} \cdot d \cdot \sqrt{g} \cdot d \dots\dots\dots(2.45)$$

$$d = 2H/3$$

Prosedur perhitungan :

(1) Ambil suatu nilai h dalam meter

(2) Cari nilai m dengan menggunakan rumus :

$$m = 1,49 - 0,018 \cdot (5 - h/r)^2 \dots\dots\dots(2.46)$$

r = jari-jari mercu (m)

(3) Hitung nilai k dengan rumus :

$$k = 4/27 \cdot m^2 \cdot h^2 \cdot (1 / (h+p))^2 \dots\dots\dots(2.47)$$

(4) Hitung H dengan rumus :

$$H = h + k \dots\dots\dots(2.48)$$

(5) Hitung nilai d dengan rumus :

$$d = 2H/3 \dots\dots\dots(2.49)$$

(6) Hitung nilai B_{eff} dengan rumus :

$$B_{eff} = B - 2 (n \cdot k_p + k_a) \cdot H \dots\dots\dots(2.50)$$

(7) Hitung Q_d

Di mana :

h = tinggi air diatas mercu (m)

B_{eff} = lebar efektif bendung (m)

k = tinggi energi kecepatan

- g = percepatan gravitasi (m/dt²)
- m = koefisien pengaliran
- P = tinggi mercu bendung (m)
- r = jari-jari pembulatan mercu (m)

➤ Di Hilir

Untuk mencari tinggi muka air banjir di hilir kita gunakan cara coba-coba.

Persamaan yang dipakai adalah :

$$Q = A \cdot C \cdot \sqrt{R} \cdot S \dots\dots\dots(2.51)$$

Di mana :

A = luas basah (m)

C = koefisien *Chezy*

$$= \frac{157,6}{1,81 + \left(\frac{m}{\sqrt{R}} \right)}$$

m = koefisien *Bazin* (didapat dari tabel)
(saluran tanah dalam keadaan kasar (m) = 3,17)

R = jari-jari hidraulik (m)

s = kemiringan dasar sungai

Untuk penampang trapesium :

Dalam mencari harga – harga variabel dibawah dengan menggunakan beberapa potongan melintang sungai dibagian hilir bendung setiap jarak tertentu. Kemudian dicari harga masing – masing variabel dibawah dengan menggunakan metode rata – rata.

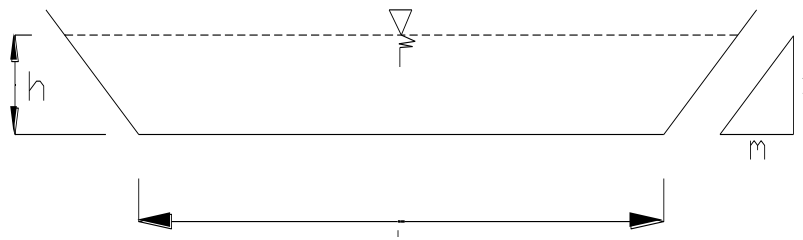
$$A = \text{Luas rata – rata penampang basah sungai (trapesium).}$$

$$= (b + (m \cdot h)) \cdot h$$

$$Lu = \text{keliling basah rata-rata penampang sungai (m)}$$

$$= b + 2 \cdot h \cdot$$

$$R = A/Lu \cdot \sqrt{1 + m^2}$$



Gambar 2.10 Penampang Sungai

Setelah itu cari harga (h) sampai didapatkan harga debit (Q) sama dengan harga debit (Q) rencana dengan menggunakan cara coba-coba.

➤ Kolam Olakan

Kolam olakan adalah sebuah bangunan yang terletak di hilir bendung yang dibuat sedemikian rupa yang berfungsi untuk menahan energi jatuh air dari atas mercu bendung, sehingga pada daerah hilir ini scouring atau gerusan dapat dikurangi.

Kolam olakan bisa juga disebut sebagai peredam energi. Kolam ini diperlukan karena aliran air sungai akan membawa sedimen transport yang dapat berupa bongkahan – bongkahan batu yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bagian hilir bendung.

Berikut ini beberapa tipe ruang olakan yang sering digunakan dalam perencanaan sebuah bendung :

- Tipe bak tenggelam / submerged bucket

Digunakan jika sungai mengangkut bongkah batu atau batu-batu besar dengan dasar yang relatif tahan gerusan.

- Tipe bak tenggelam peredam energi (kolam loncat air tanpa blok-blok halangan).

Digunakan jika sungai mengangkut batu-batu besar tetapi juga mengandung bahan aluvial dengan dasar tahan gerusan.

- Tipe kolam loncat air yang diperpendek dengan blok – blok halang.

Digunakan jika sungai membawa atau mengangkut bahan – bahan halus.

Yang harus diperhatikan dalam merencanakan ruang olakan dari suatu bendung adalah sebagai berikut :

- Tinggi terjunan
- Penggerusan lokal (local Scouring)
- Degradasi dasar sungai
- Benturan dan abrasi sedimen
- Rembesan dan debit rencana dengan kriteria keamanan dan resiko akibat penggerusan, pelimpahan dan kekuatan struktur.

Sedangkan didalam perencanaan ruang olakan didasarkan pada:

- perbedaan tinggi muka air di udik dan di hilir bendung atau berdasarkan bilangan Froude yang terjadi pada ruang olakan
- sediment transport.

Pada perencanaan bendung tetap ini dipilih kolam olakan tipe bak tenggelam, kolam olak tipe bak tenggelam telah digunakan sejak lama dengan sangat berhasil pada bendung-bendung rendah.

Perhitungan untuk tipe kolam ini adalah sebagai berikut :

$$hc = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

q = debit persatuan lebar
= Q / B

B = lebar efektif bendung (m)

Q = debit banjir rencana (m³ / dt)

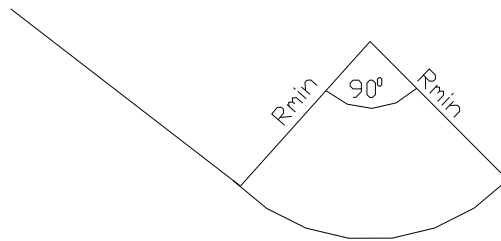
Jari-jari Minimum Kolam Olakan (Rmin)

Jari-jari minimum diberikan dengan cara melihat grafik USBR (KP-02, halaman 63), yaitu yang menyatakan hubungan antara $\Delta H/hc$ dengan $Rmin/hc$. Gambar ini menghasilkan kriteria yang bagus untuk jari – jari minimum bak yang diizinkan bagi

bangunan-bangunan dengan tinggi energi rendah ini. *Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 63"*

Rumusnya adalah :

$$\frac{R_{min}}{hc} \cdot \sqrt{S} \frac{\Delta H}{hc} \dots\dots\dots(2.53)$$



Gambar 2.11 Jari-jari Kolam Olakan

➤ Batas Minimum Tinggi Air Di Hilir (T_{min})

Pengalaman telah menunjukkan bahwa banyak bendung rusak akibat gerusan lokal yang terjadi tepat di sebelah hilirnya dan kadang-kadang kerusakan ini diperparah lagi oleh degradasi dasar sungai. Oleh karena itu dianjurkan untuk menentukan kedalaman air hilir berdasarkan perkiraan degradasi dasar sungai yang akan terjadi di masa akan datang.

Batas tinggi air minimum dapat dilihat melalui grafik USBR (KP – 02,1986, halaman 64), yaitu hubungan :

$$\frac{R_{min}}{hc} \cdot \sqrt{S} \frac{\Delta H}{hc} \dots\dots\dots(2.54)$$

➤ Tebal Lantai Olakan (dx)

Tiap bagian bangunan diandaikan berdiri sendiri dan tidak mungkin ada distribusi gaya-gaya melalui momen – momen lentur. Oleh sebab itu, tebal lantai kolam olak dihitung sebagai berikut :

$$D_x \geq \frac{S \times (Px - Wx)}{\gamma}$$

Sumber : KP-02, halaman 123

Di mana :

D_x = tebal lantai pada titik x (m)

P_x = gaya angkat pada titik x (kg/m³)

$$= H_x - (L_x/L) \cdot \Delta H$$

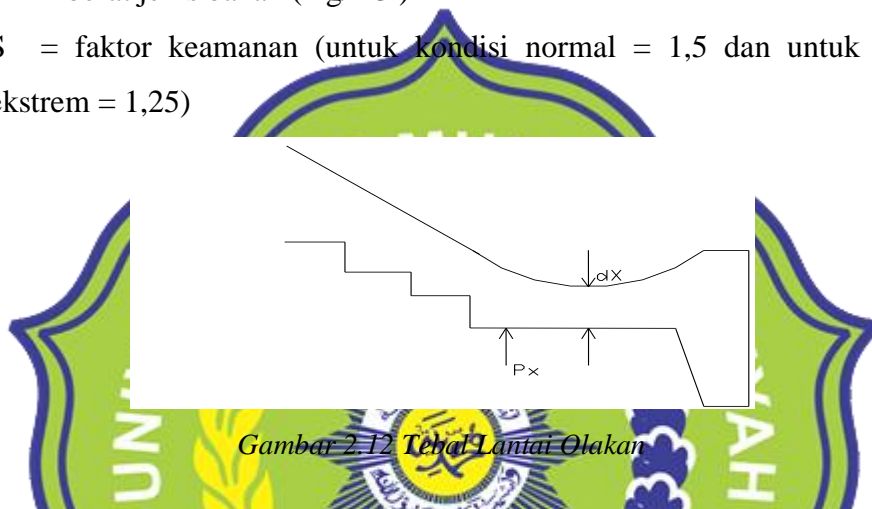
L = panjang *creep line* dari ujung hulu sampai ujung hilir bendung (m)

L_x = panjang *creep line* dari ujung hulu bendung sampai titik x

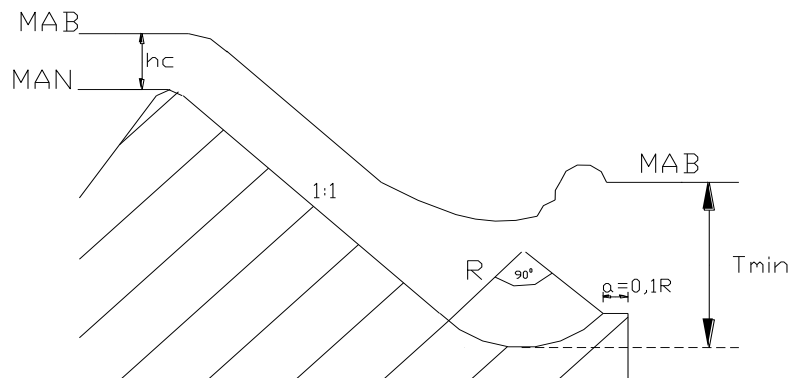
W_x = kedalaman air pada titik x (m)

γ = berat jenis bahan (kg/m³)

S = faktor keamanan (untuk kondisi normal = 1,5 dan untuk kondisi ekstrem = 1,25)



Gambar 2.12 Tebal Lantai Olakan



Gambar 2.13 Lantai Olakan

➤ Perhitungan untuk *Local Scouring*

Local scouring (gerusan / erosi) yang diperkirakan terjadi pada bagian hilir bendung (terutama di kaki bendung). Perhitungan dilakukan dengan rumus yang diberikan oleh Prof. A. Vernese, sebagai berikut :

$$Y_s = 1,90 \cdot h^{0,225} (q)^{0,54} \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana :

Y_s = dalamnya gerusan diukur dari muka air di hilir bendung (m)

h = perbedaan elevasi air di hilir dan di hulu bendung (m)

q = debit persatuan panjang pelimpah (m³/dt/m)

➤ Lantai Muka

Bangunan – bangunan utama seperti bendung harus dicek panjang creep line untuk memastikan apakah panjang *creep line* dari desain awal sudah cukup atau desain mesti dirubah.

Dengan catatan bidang – bidang yang lebih dari 45° dianggap bidang vertikal dan bidang yang kurang dari 45° dianggap bidang horisontal. Dan diambil harga L yang terbesar.

Ada beberapa metode pengecekan yang ada :

a. Metode Bligh

Teori ini menyatakan bahwa perbedaan tekanan sebanding dengan panjang jalannya air dan berbanding terbalik dengan creep ratio.

Secara matematik dapat dituliskan :

$$L > H \cdot C$$

Dimana :

H = perbedaan tekanan (m)

L = panjang creep line dari ujung hulu sampai ujung hilir bendung (m) = $L_v + L_h$

C = Creep line (tabel 2.12)

b. Metode Lane

Metode lane yang juga disebut metode angka rembesan. Lane adalah metode yang dianjurkan untuk mencek bangunan – bangunan utama untuk mengetahui adanya erosi bawah tanah. Metode memberikan hasil yang aman dan mudah dipakai. Untuk bangunan – bangunan yang relatif lebih, metode – metode lain mungkin akan dapat memberikan hasil – hasil yang lebih baik, tetapi penggunaannya sulit. *Sumber : KP-02, “Kriteria Perencanaan Bagian hal 124”*

Rumus yang digunakan :

$$C L \cdot H < \Sigma L_v + 1/3 L_h \dots \dots \dots (2.56)$$

Dimana :

CL = angka rembesan Lane

H = beda tinggi muka air (m)

Lv = panjang creep line vertikal (m)

Lh = panjang creep line horisontal (m)



Tabel 2.12 Harga – Harga Minimum Creep Ratio (C)

No.	Material	Lane	Bligh
1	Pasir sangat halus atau lanau	8,5	18
2	Pasir halus	7,0	15
3	Pasir sedang	6,0	
4	Pasir kasar	5,0	12
5	Kerikil halus	4,0	
6	Kerikil sedang	3,5	
7	Kerikil kasar termasuk	3,0	
8	berangkal	2,5	4 – 6
9	Bongkahan dengan sedikit	3,0	
10	berangkal & kerikil	2,0	

11	Lempung lunak	1,8	
12	Lempung sedang	1,6	
	Lempung keras		
	Lempung sangat keras		

2.2.7 Analisis Stabilitas Bendung

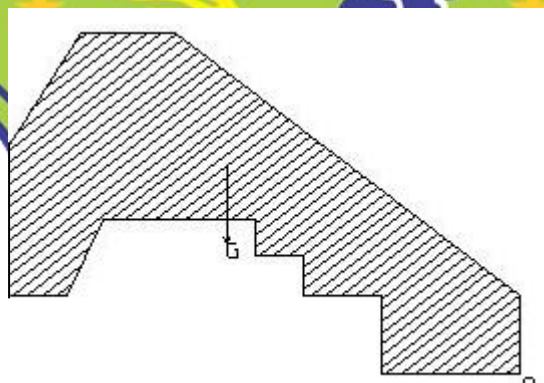
Gaya – gaya yang bekerja pada tubuh bendung dan mempunyai arti penting perencanaan adalah :

Berat Sendiri Bendung (G)

Gaya berat sendiri adalah gaya yang ditimbulkan karena berat sendiri yang dimiliki oleh konstruksi bangunan tersebut. Arah kerja dari gaya berat ini adalah arah vertikal ke bawah melalui titik beratnya. Berat bangunan bergantung pada bahan yang dipakai untuk membuat bangunan itu.

Untuk tujuan – tujuan perencanaan pendahuluan, boleh dipakai harga – harga berat volume di bawah ini.

- Pasangan batu 22 kN / m³ (2200 Kgf / m³)
- Beton tumbuk 23 kN / m³ (2300 Kgf / m³)
- Beton bertulang..... 24 kN / m³ (2400 Kgf / m³)



Gambar 2.14 Berat Sendiri Bendung

Rumus yang di gunakan :

$$G = v . \gamma$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 117"

dimana :

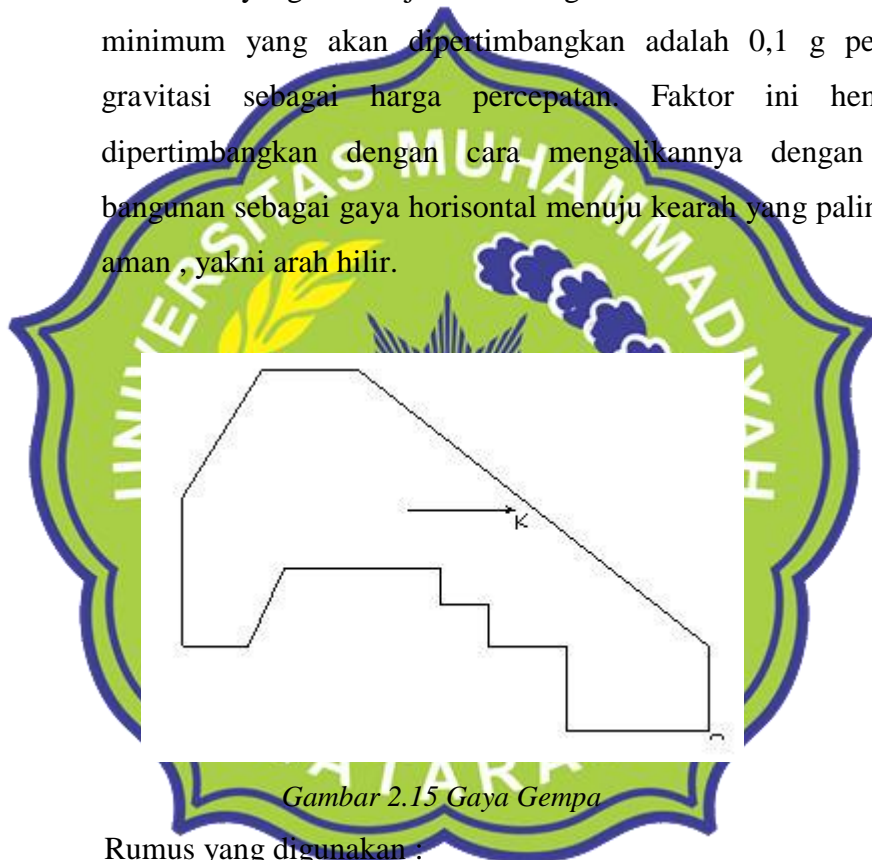
G = Massa Bangunan

V = volume (m³)

γ = berat jenis (t / m³)

➤ Gaya Gempa (G')

Harga – harga gaya gempa diberikan dalam bagian Parameter Bangunan. Harga – harga tersebut didasarkan pada peta Indonesia yang menunjukkan berbagai daerah dan resiko. Faktor minimum yang akan dipertimbangkan adalah 0,1 g perapatan gravitasi sebagai harga percepatan. Faktor ini hendaknya dipertimbangkan dengan cara mengalikannya dengan massa bangunan sebagai gaya horisontal menuju kearah yang paling tidak aman , yakni arah hilir.



Gambar 2.15 Gaya Gempa

Rumus yang digunakan :

$$G' = f . G$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 117'

dimana :

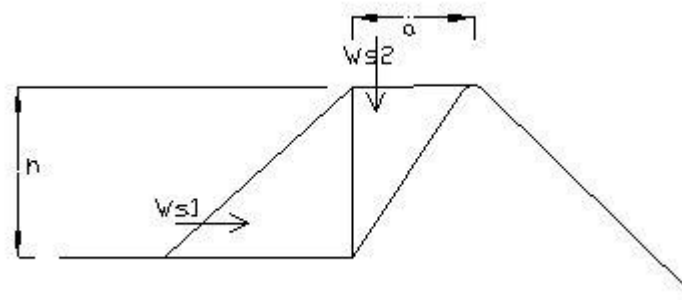
G' = Gaya Gempa

f = koefisien gempa

G = Massa Bangunan

Tekanan Lumpur (sediment pressure)

Pada saat bendung sudah dapat digunakan, terdapat endapan lumpur yang dibawa aliran air yang kemudian mengendap di muka bendung. Tekanan lumpur yang bekerja terhadap muka hulu bendung atau terhadap pintu dapat dihitung sebagai berikut:



Gambar 2.16 Tekanan Lumpur

$$W_{s1} = \frac{\gamma_s \cdot h^2}{2} \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right) \dots (2.57)$$

$$W_{s2} = \left(\frac{a \cdot h}{2} \right) \cdot \gamma_s \dots (2.58)$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 116"

dimana :

W_s = Gaya tekan lumpur

γ_s = Berat jenis lumpur (kN)

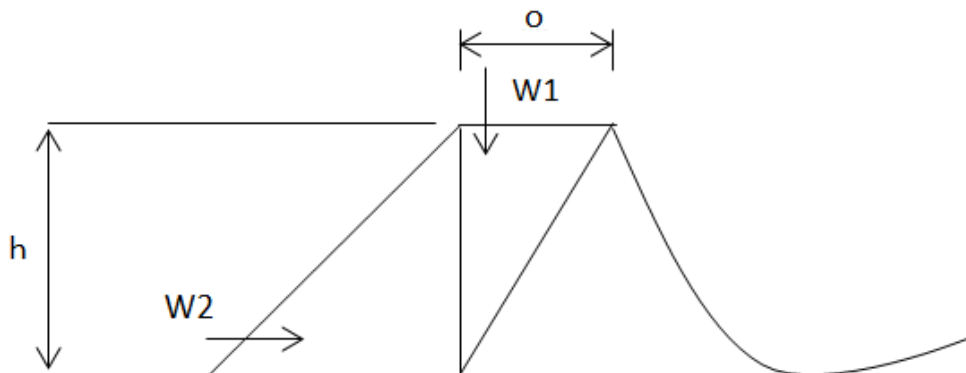
h = dalamnya lumpur (m)

φ = sudut gesekan ($^\circ$)

➤ Gaya Hidrostatik

Gaya hidrostatik disebabkan oleh gaya tekan air yang menggenangi tubuh bendung. Gaya mirip dengan tekanan tanah aktif. Gaya ini dibagi dalam dua kondisi muka air:

- a. Kondisi muka air normal

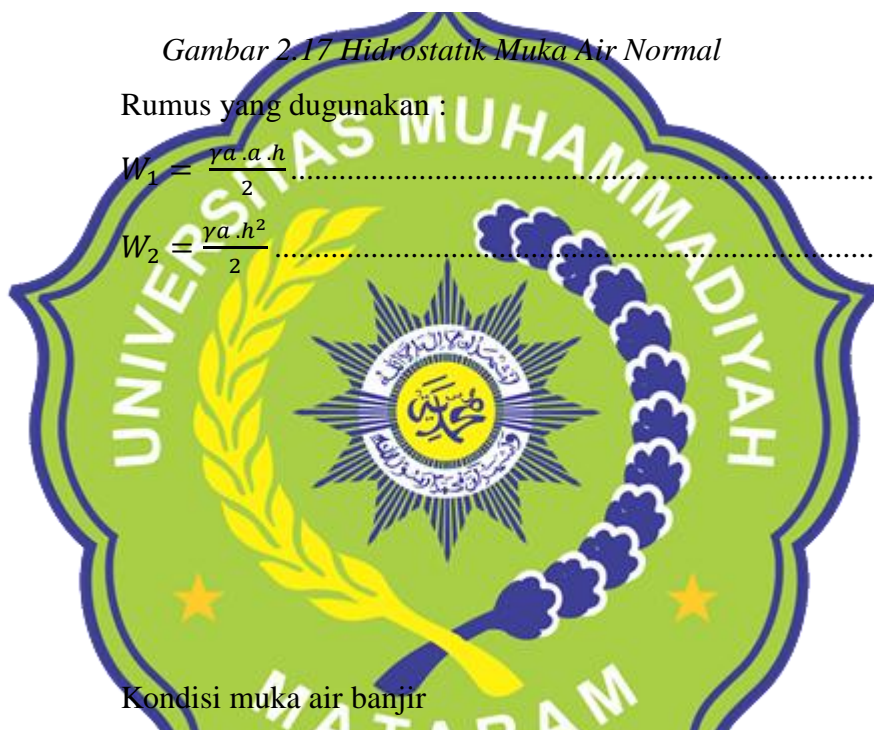


Gambar 2.17 Hidrostatik Muka Air Normal

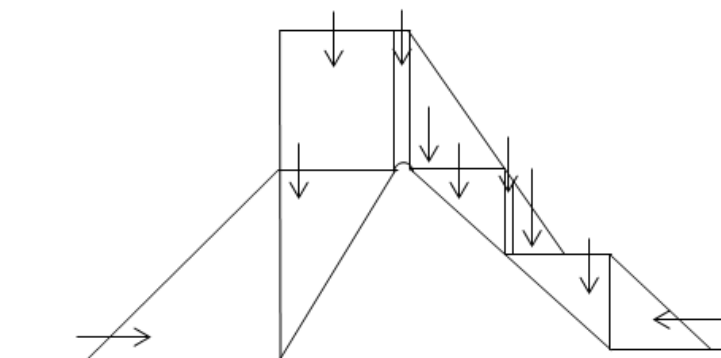
Rumus yang digunakan :

$$W_1 = \frac{\gamma a \cdot a \cdot h}{2} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$W_2 = \frac{\gamma a \cdot h^2}{2} \dots\dots\dots(2.60)$$



Kondisi muka air banjir



Gambar 2.18 Hidrostatik Muka Air Banjir

Gaya akibat uplift pressure

Arah dari gaya uplift pressure adalah tegak lurus dengan bidang kontakannya. *Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 116'*

Rumus yang digunakan :

$$P_x = H_x - \left(\frac{L_x}{L} \right) \cdot \Delta H \dots \dots \dots (2.61)$$

Dimana :

P_x = gaya angkat pada titik X (kg/m²)

L = panjang total bidang kontak bendung dengan tanah bawah (m)

L_x = jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai X (m)

ΔH = beda tinggi energi (m)

H_x = tinggi energi di hulu bendung (m)

L dan L_x adalah jarak relatif yang dihitung menurut cara Lane, bergantung kepada arah bidang tersebut. Bidang yang membentuk sudut 45 ° atau lebih terhadap bidang horisontal dianggap vertikal.

2.2.8 Kontrol Stabilitas

Kontrol stabilitas bendung ditinjau dari empat aspek, yaitu :

➤ Kontrol Geser

Tangen θ , sudut antara garis vertikal dan resultante semua gaya, termasuk gaya angkat yang bekerja pada bendung diatas semua bidang horisontal, harus kurang dari koefisien gesekan yang diizinkan pada bidang tersebut. *Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. 120*

Rumus yang digunakan :

$$FK = \frac{\sum V \cdot f}{\sum H} \geq 1,5 \dots \dots \dots (2.62)$$

Dimana :

$\Sigma(H)$ = jumlah gaya horisontal yang bekerja pada bangunan (kN)

$\Sigma(V)$ = jumlah gaya vertikal (V), dikurangi gaya tekan keatas yang bekerja pada bangunan (kN)

f = koefisien gasekan ("KP – 02, hal 121")

Tabel 2.13 Nilai Koefisien Gesekan

Bahan	F
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,5
Pasir	0,4
Lempung	0,3

➤ Kontrol guling

Kestabilan terhadap guling dikontrol berdasarkan besarnya kedudukan gaya resultan yang ditimbulkan oleh beban yang bekerja. Dengan istilah lain titik tangkap gaya resultan pada dasar pondasi harus selalu diusahakan agar terletak didalam bidang inti (kern).

$$\frac{M_t}{M_g} \geq 1,5 \dots \dots \dots (2.63)$$

Dimana :

M_t = momen tahanan (tm)

M_g = momen guling (tm)

➤ Kontrol Eksentrisitas

Tanah tidak dapat menahan gaya tarik, maka bila dari hitungan secara teoritis akan terjadi tegangan tarik, tegangan tarik tersebut diabaikan. Untuk menghindari perbedaan penurunan yang besar dan agar lebih ekonomis, maka diusahakan agar seluruh dasar dinding hanya menerima tegangan tekan saja. Untuk mencapai hal itu, maka titik tangkap gaya resultan pada dasar pondasi harus selalu diusahakan agar terletak didalam didalam bidang inti (kern).

Dengan rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$M/N \leq B/6 \dots\dots\dots(2.64)$$

$$e \leq B/6 \dots\dots\dots(2.65)$$



3.1. Uraian Umum

Metodologi pada studi ini menguraikan seluruh kegiatan dari awal sampai akhir, meliputi seluruh kegiatan yang pelaksanaannya secara urut maupun simultan. Metode yang menggunakan perhitungan analisis yang tepat sehingga memberikan hasil yang optimal serta tepat waktu (secara garis besar dapat dilihat pada bagan alir gambar 3.1).

Lingkup kegiatan pada studi ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan
2. Pengumpulan data
3. Analisis
4. Perencanaan dan desain konstruksi

5. Gambar konstruksi

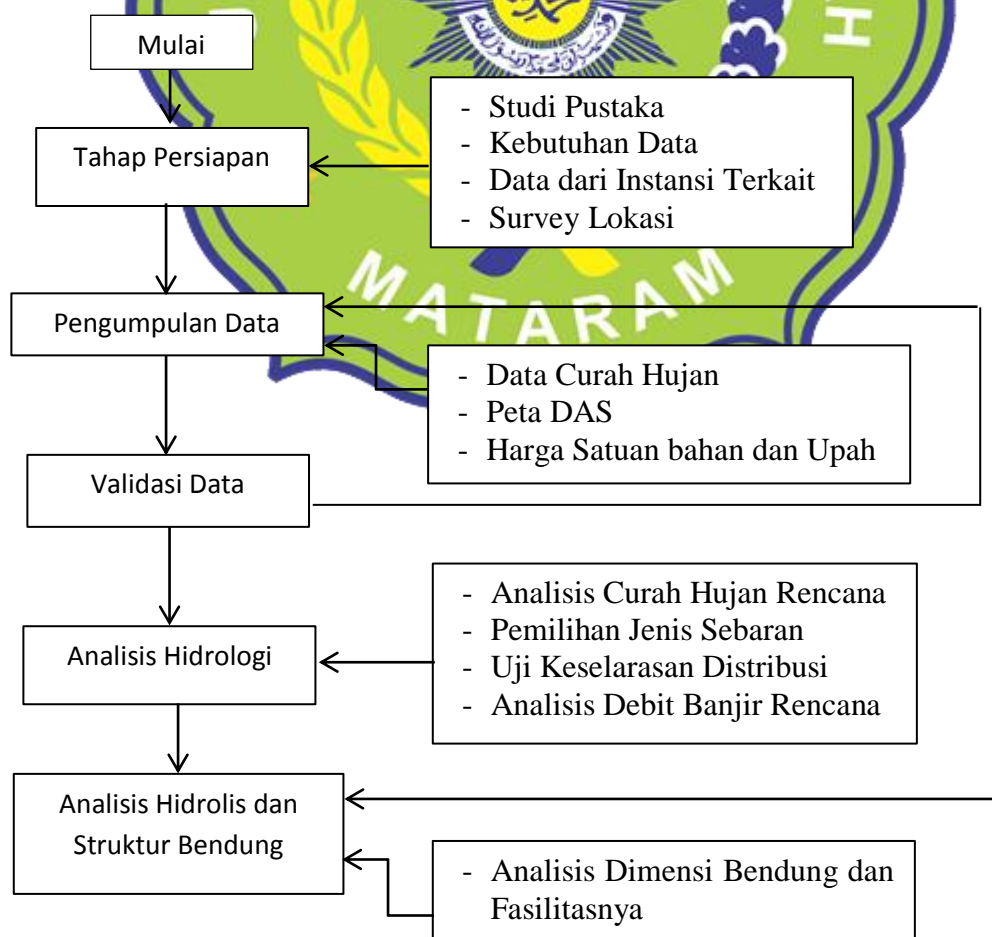
Masing-masing tahapan tersebut terdiri dari bermacam-macam item pekerjaan yang harus dilaksanakan secara simultan maupun bersamaan.

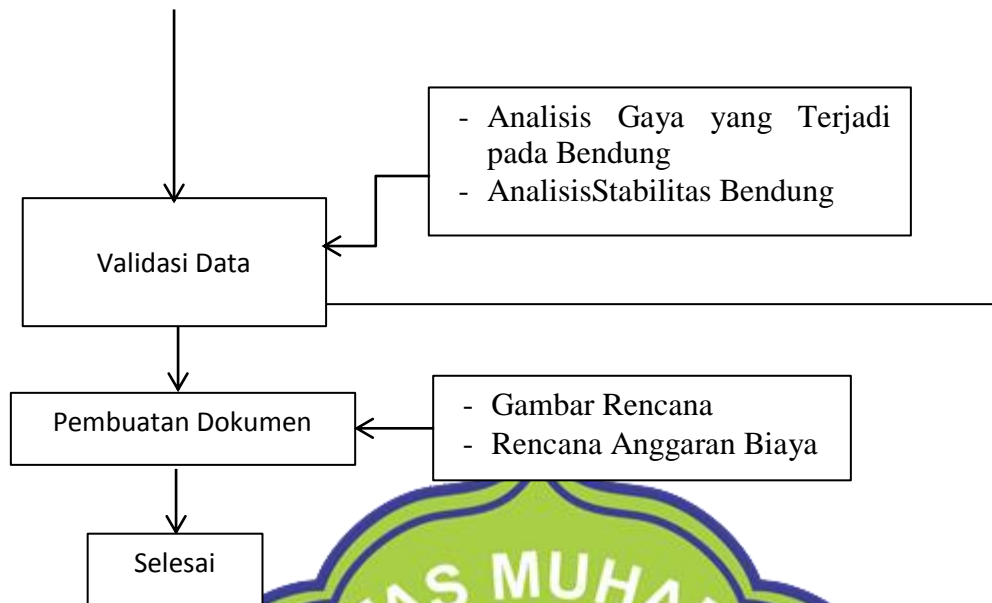
3.2. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya. Dalam tahap ini disusun hal-hal penting untuk mengefektifkan waktu dan kegiatan yang dilakukan.

Adapun tahapan tersebut antara lain :

1. Studi pustaka mengenai masalah yang berhubungan dengan bendung dan fasilitas-fasilitasnya dan jaringan irigasinya.
2. Menentukan kebutuhan data.
3. Pengadaan persyaratan administrasi.
4. Mendata instansi yang akan dijadikan narasumber.
5. Survey ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi dilapangan.





Gambar 3.1. Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Dalam proses perencanaan, diperlukan analisis yang teliti. Untuk dapat melakukan analisis yang baik, diperlukan data, informasi, teori, konsep dasar dan alat bantu yang memadai, sehingga kebutuhan akan data sangat mutlak diperlukan. Data primer diperoleh dengan pengukuran dilapangan. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini sebagian besar menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I Propinsi Nusa Tenggara Barat. Data – data sekunder yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Data hidroklimatologi diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I Provinsi Nusa Tenggara Barat, terdiri dari :
 - a. Data curah hujan harian dari stasiun hujan yaitu stasiun Gunung Sari selama 20 tahun (1994 – 2018).
2. Peta DAS Batu Batulayar diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I Provinsi Nusa Tenggara Barat.

3.4. Tahap Analisis

Analisis yang diperlukan dalam perencanaan bangunan utama berupa bendung tetap yaitu sebagai berikut :

1. Analisis letak bendung
2. Analisis hidrologi
 - a. Perhitungan debit banjir rencana
 - b. Analisis kebutuhan air dan ketersediaan air (*water balance*)
3. Analisis hidrolis
 - a. Tinjauan hidrolis bendung
 - b. Analisis struktur bendung dan bangunan-bangunan pelengkap.

3.4.1. Data Topologi

Wilayah sungai Batulayar ini secara geografis dibatasi oleh :

Bujur Timur : 116°3'59.508"

Lintang Selatan : 8°29'49.1604"

Lokasi bangunan bendung tetap ini direncanakan di sungai Batulayar, Kabupaten Lombok Barat, Propinsi Nusa Tenggara Barat.

Batas-batas administrasi dari Bendung ini adalah :

- Batas sebelah utara : Malimbu
- Batas sebelah selatan : Meninting
- Batas sebelah barat : Pantai Senggigi
- Batas sebelah timur : Kecamatan Gunung Sari

Lokasi bangunan bendung tetap ini diletakkan berdasarkan perkiraan catchment area yang akan mengalir sawah disekitar bendung tetap ini.

Faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi bendung yaitu :

- a. Keadaan topografi daerah yang akan diairi sedemikian rupa sehingga seluruh daerah rencana tersebut dapat terairi secara gravitasi.
- b. Penempatan lokasi bendung yang tepat dilihat dari segi hidraulik dan angkutan sedimen sehingga aliran ke intake tidak mengalami gangguan dan angkutan sedimen yang masuk ke intake dapat terhindari. Untuk menjamin

aliran lancar masuk intake, salah satu syaratnya yaitu bendung harus terletak di bagian sungai yang lurus atau di tikungan luar aliran dan harus di hindari penempatan bendung di tikungan sebelah dalam aliran.

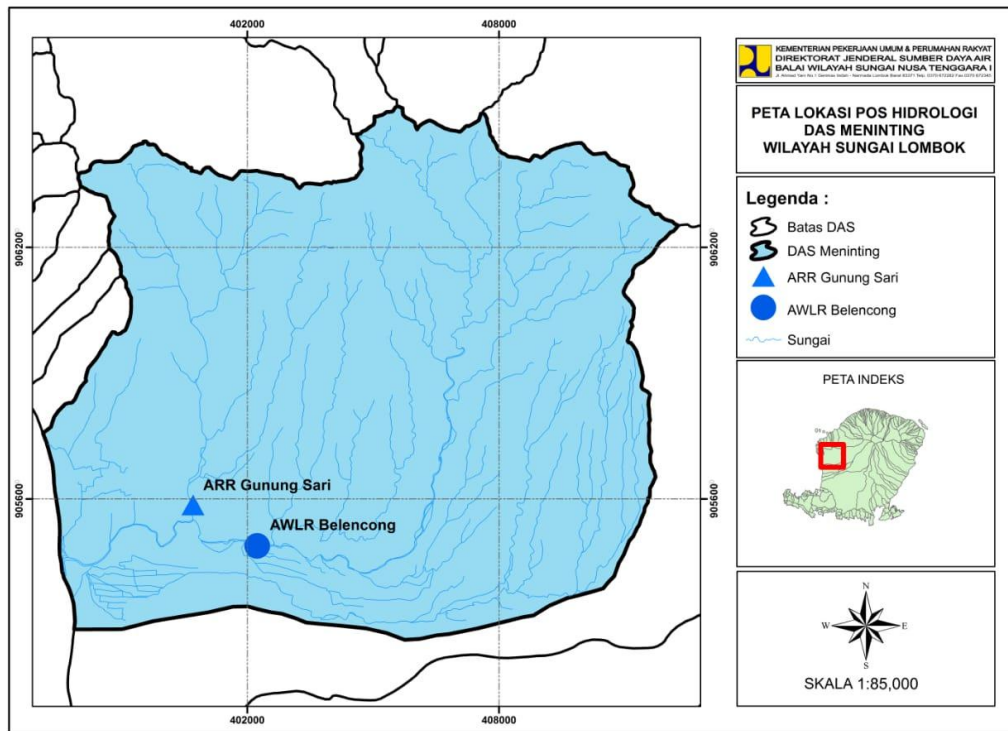
- c. Bendung sebaiknya ditempatkan pada ruas sungai yang alurnya stabil dan perubahan dasar sungai tidak menyolok.
- d. Diusahakan agar pengaruh air balik (back water) akibat bendung tidak terlalu jauh ke hulu.
- e. Bendung harus ditempatkan di lokasi dimana tanah pondasinya cukup baik sehingga bangunan akan stabil.

3.4.2. Data Sungai

Bendung Tetap ini dibangun di sungai Batulayar yang berada di Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Sungai ini merupakan sungai alam.

Luas daerah aliran sungai	: 146,91 m ²
Panjang sungai	: 5 km
Lebar rata-rata sungai	: 11,5 m
Arah aliran	: ke selatan menuju pantai
Kemiringan sungai	: 0,06
Elevasi dasar sungai di lokasi bendung	: + 107 m





Gambar 3.2. Peta DAS Meninting

3.4.3. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah analisis yang berisi tentang aspek-aspek hidrologi dalam perencanaan sebuah bendung. Analisis hidrologi mencakup perhitungan banjir rencana dan analisis kebutuhan air.

3.4.3.1. Perhitungan Debit Banjir Rencana

a. Analisis Curah Hujan Rencana

Apabila data hujan yang digunakan lebih dari satu stasiun hujan maka beberapa metode untuk menghitung curah hujan tersebut, antara lain :

1. Metode rata-rata aljabar (*Arithmetic Mean*)
2. Metode *Polygon Thiessen*
3. Metode *Isohiet*

Data curah hujan diambil dari stasiun yang terdekat atau berada di wilayah Daerah Irigasi Bendung Batulayar, yaitu Stasiun Gunung Sari. Data curah yang tersedia 20 tahun, dan metode yang digunakan adalah metode pemilihan nilai terbesar (maksimum), karena hanya menggunakan satu stasiun hujan.

b. Analisis Frekuensi

1. Pengukuran Dispersi

Variasi atau dispersi adalah besarnya derajat dari sebaran varian di sekitar nilai rata-ratanya. Cara mengukur besarnya dispersi disebut pengukuran dispersi. Adapun cara pengukuran dispersi antara lain :

- a. Standar Deviasi (S)
- b. Koefisien Variasi (Cv)
- c. Koefisien *Skewness* (Cs)
- d. Pengukuran Kurtosis

2. Pemilihan Jenis Sebaran

Untuk memilih jenis sebaran, ada beberapa macam distribusi yang sering dipakai yaitu :

- a. Distribusi Normal
- b. Distribusi Log Normal
- c. Distribusi Gumbel Tipe I
- d. Distribusi *Log Person* Tipe III

3. Uji Keselarasan Distribusi

Uji keselarasan distribusi yang sering digunakan adalah :

- a. *Chi-Kuadrat*
- b. Uji *Smirnov Kolmogorof*
- c. Analisis Debit Banjir Rencana

Ada beberapa metode dalam menentukan debit banjir rencana yaitu:

1. Metode Rasional
2. Metode *Haspers*
3. Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Gamma I
4. Metode *Passing Capacity*

3.4.3.2. Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air terdiri dari :

a. Analisis Kebutuhan Air dan Ketersediaan Air

Menurut jenisnya ada dua macam pengertian kebutuhan air yaitu:

1. Kebutuhan air untuk tanaman (*Consumptive Use*).

Evapotranspirasi, perkolasi, koefisien tanaman (K_c), curah hujan efektif (R_e), kebutuhan air untuk pengolahan lahan, kebutuhan air untuk pertumbuhan.

2. Kebutuhan air untuk irigasi.

Kebutuhan air untuk irigasi dapat dihitung sesuai pola tanam yang berlaku di Kabupaten Lombok Barat. Khusus untuk D.I. Batulayar pola tanam yang direncanakan adalah padi – padi - palawija.

b. Perhitungan Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan irigasi atau tidak. Neraca air disajikan dalam bentuk grafik sehingga memudahkan pengecekan ketersediaan air pada saat tertentu.

c. Analisis Debit Andalan

Perhitungan debit andalan bertujuan untuk menentukan areal persawahan yang dapat diairi. Perhitungan ini menggunakan cara analisis *water balance* dari F.J. Mock berdasarkan data curah hujan, evapotranspirasi, keseimbangan air pada permukaan tanah, limpasan (*run off*), tampungan air tanah (*ground water storage*) dan aliran sungai.

3.4.4. Analisis Struktur dan Tinjauan Hidrolis Bendung

3.4.4.1. Analisis Struktur Bendung

Sebelum melakukan analisis terhadap bendung perlu untuk menentukan tipe bendung dan lokasinya yang akan dipakai dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan dan penyelidikan lapangan.

- a. Penentuan dimensi saluran primer
- b. Alat pengukur debit diantaranya metode : alat ukur pintu *romijn*, alat ukur ambang lebar, alat ukur *Crump de Gruyter*.
- c. Saluran kantong lumpur
- d. Pintu penguras kantong lumpur
- e. Bangunan pengambilan
- f. Lebar bendung
- g. Penentuan tipe mercu bendung

- h. Tinggi air banjir di hilir bendung
- i. Tinggi air banjir di atas mercu
- j. Kolam olak
- k. Panjang lantai muka
- l. Tebal lantai kolam olak
- m. Pintu penguras bendung

3.4.4.2. Tinjauan Hidrolis Bendung

Bendung ditinjau terhadap gerusan di hilir bendung dan tinggi *backwater* di hulu bendung.

3.4.5. Analisis Stabilitas Bendung

Analisis tersebut bertujuan untuk meninjau stabilitas bendung pada saat sungai kondisi normal, normal dan banjir rencana. Analisisnya meliputi :

- 1. Analisis gaya-gaya vertikal, meliputi :
 - a. Akibat berat bendung
 - b. Gaya gempa
 - c. Gaya angkat (*uplift pressure*)
- 2. Analisis gaya-gaya horizontal, meliputi :
 - a. Tekanan tanah aktif dan pasif
 - b. Tekanan hidrostatik
 - c. Gaya akibat tekanan lumpur
- 3. Analisis stabilitas bendung, meliputi :
 - a. Terhadap guling
 - b. Terhadap geser
 - c. Terhadap daya dukung tanah
 - d. Terhadap erosi bawah tanah (*piping*)

3.5. Rencana Anggaran Biaya

Merupakan rincian biaya yang harus dikeluarkan dalam pelaksanaan proyek. Juga terdapat jenis-jenis pekerjaan yang harus dilaksanakan dan berapa biaya untuk pekerjaan tersebut.