

SKRIPSI

**TINJAUAN PERENCANAAN EMBUNG BATANG SINGON
KABUPATEN LIMA PULUH KOTA**

Disusun sebagai salah satu syarat akademik
untuk memperoleh gelar serjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)



Oleh :

REZKI KURNIA
17.10.002.222.01.073

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021**

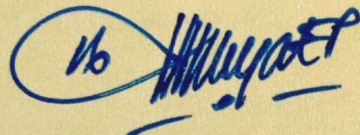
HALAMAN PENGESAHAN

TINJAUAN PERENCANAAN EMBUNG BATANG SINGON
KABUPATEN LIMA PULUH KOTA

Oleh

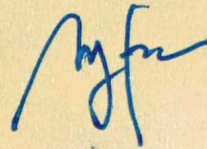
REZKI KURNIA
171000222201073

Dosen Pembimbing I



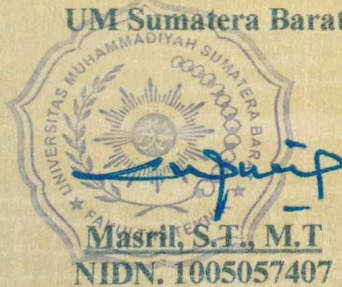

Ir. Surya Eka Priana, S.T., M.T
NIDN. 1016026603

Dosen Pembimbing II



Febrimen Herista, S.T., M.T
NIDN. 1001026901

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat



Masril, S.T., M.T
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi
Teknik Sipil



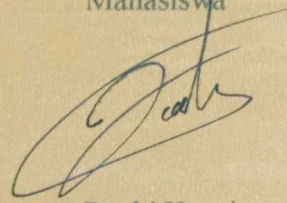
Ir. Surya Eka Priana, S.T., M.T
NIDN. 1016026603

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi
Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal _____ di Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

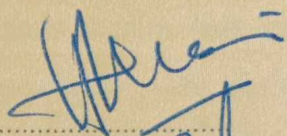
Bukittinggi,
Mahasiswa




Rezki Kurnia
171000222201073


Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal _____

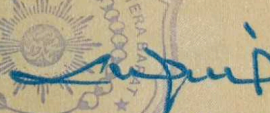
1. Ishak, S.T., M.T.
2. Deddy Kurniawan, S.T., M.T.

1. 

2. 

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,




Masriil, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rezki Kurnia
Tempat dan Tanggal Lahir : Batang Buo, 28 Maret 1996
NIM : 171000222201073
Judul Skripsi : Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon
Kabupaten Lima Puluh Kota

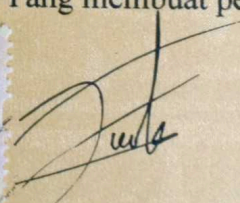
Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi,
Yang membuat pernyataan,




Rezki Kurnia
171000222201073

ABSTRAK

Sungai mempunyai peranan penting bagi kehidupan manusia. Salah satunya adalah sebagai sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air bersih, kebutuhan industri dan lain-lain. Kebutuhan air bagi masyarakat semakin meningkat sehingga perlu dilakukan penelitian atau penyelidikan masalah ketersediaan air Sungai Batang Maek, agar dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien, yaitu dengan membangun sebuah Embung. Dengan memanfaatkan data peta Topografi, data curah hujan, dan data-data lain yang dibutuhkan, dari perhitungan ini didapatkan luas *Catchment Area* seluas 56,80 km². Dalam perencanaan dan pelaksanaan Embung daerah irigasi Batang Maek, Kecamatan Bukit Barisan, Kabupaten Lima Puluh Kota dengan luas Wilayah 122,06 km², telah dilakukan perhitungan curah hujan dengan tiga metode, *Haspers*, *Gumbel*, *Log Pearson Type III*. Didapatkan debit banjir rencana (Q_{50}) = 277,2 m³/dtk dengan memakai dua metode yaitu metode *Rasional* dan metode *Haspers* dengan jumlah data hujan selama 10 tahun. Menggunakan data hujan Stasiun Suliki sebagai data utama, dengan pembandingan Stasiun Sarilamak dan Stasiun Canduang. Lebar efektif Embung 52,48 m, tinggi mercu 6,00 m, Menggunakan mercu bulat dengan dua jari-jari, kolam olakan USBR tipe III, dengan dua buah pilar. Perhitungan stabilitas embung terhadap guling sebesar $1,23 > 1,20$, geser sebesar $2,11 > 1,20$, *eksentrisitas* sebesar $0,89 < 1,63$ dan daya dukung tanah sebesar $\sigma_1 = 16,71 \text{ ton/m}^2 < 40.000 \text{ t/m}^2, \sigma_2 = 10,33 \text{ ton/m}^2 < 40.000 \text{ t/m}^2$ telah dilaksanakan dan aman terhadap semua gaya yang terjadi tersebut. Jadi hasil perencanaan Embung Batang Singon, Kecamatan Bukit Barisan, Kabupaten Lima Puluh Kota, yang telah terlaksana, telah memenuhi syarat.

Kata kunci : Embung, Curah Hujan, Mercu, Pilar, Debit Banjir

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikannya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa dan kasih sayang
2. Bapak Masril, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S. Kom, M.Kom selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Ir. Surya Eka Priana, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil;
5. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Ir. Surya Eka Priana, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak Febrimen Herista, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Rekan-rekan jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini;
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Bukittinggi, 22 Juli 2021

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	5
2.2 Analisa Data Hidrologi	6
2.2.1 Analisa Curah Hujan Rata – Rata	6
2.2.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan.....	7
2.2.3 Analisa Curah Hujan Harian Maksimum	8
2.3 Debit Banjir Rencana.....	12
2.3.1 Metode Hasper	12
2.3.2 Metode Rasional	13
2.4 Perhitungan Hidrolis Embung	14
2.4.1 Pemilihan Lokasi Embung.....	14
2.4.2 Tipe Mercu	15
2.4.3 Lebar Total Embung.....	16
2.4.4 Lebar Efektif Embung	16

2.4.5	Tinggi Mercu	17
2.4.6	Tinggi Muka Air Banjir di Hulu Embung	18
2.4.7	Panjang Lantai Muka	20
2.4.8	Perencanaan Tubuh Embung	20
2.4.9	Kolam Olakan	21
2.4.10	Tebal Lantai Kolam Olak	25
2.4.11	Pintu <i>Intake</i>	25
2.4.12	Pintu Penguras	26
2.5	Kontrol Terhadap Gempa.....	26
2.6	Analisis Stabilitas Embung	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Tinjauan Umum.....	32
3.2	Lokasi Penelitian	32
3.3	Data Proyek.....	33
3.4	Data Penelitian	34
3.5	Diagram Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Umum	37
4.2	Perhitungan Curah Hujan.....	38
4.2.1	Uji Konsistensi Data Curah Hujan.....	38
4.2.2	Perhitungan Curah Hujan Rencana	40
4.2.3	Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	45
4.3	Perhitungan Hidrolis Embung	49
4.3.1	Data – Data Perhitungan.....	49
4.3.2	Tinggi Mercu Pelimpah Embung.....	49
4.3.3	Lebar Total Embung.....	50
4.3.4	Lebar Pintu Penguras	51
4.3.5	Lebar Efektif Embung	52
4.3.6	Kolam Olakan	52
4.3.7	Gerusan Lokal (<i>Local Scouring</i>).....	53
4.3.8	Pintu <i>Intake</i>	54
4.4	Perhitungan Stabilitas Embung	55

4.4.1	Stabilitas Kondisi Muka Air Normal	55
4.4.2	Peninjauan Stabilitas Embung Kondisi Air Banjir	62
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
Tabel 2.1	Distribusi Log Pearson Tipe III Harga Koefisien Kemencengan...	10
Tabel 2.2	<i>Reduced Variated</i> (Yt)	10
Tabel 2.3	<i>Reduced Mean</i> (Yn) dan <i>Reduced Standard Deviasi</i> (Sn)	11
Tabel 2.4	<i>Standard Variabel</i> Untuk Metode <i>Haspers</i>	12
Tabel 2.5	Harga-harga Berat Jenis	27
Tabel 2.6	Harga-harga Perkiraan Untuk Koefisien Gesekan	30
Tabel 4.1	Curah Hujan Maksimum Stasiun Suliki	37
Tabel 4.2	Curah Hujan Maksimum Stasiun Sarilamak	37
Tabel 4.3	Curah Hujan Maksimum Stasiun Canduang	38
Tabel 4.4	Perbandingan Curah Hujan Stasiun Utama Dengan Stasiun Pembanding	39
Tabel 4.5	Ranking Curah hujan Hasil Uji Konsistensi Dari Urutan Besar Sampai Kecil	41
Tabel 4.6	Data Curah Hujan Rencana	42
Tabel 4.7	Perhitungan Parameter Statistik Metode Log Pearson Tipe III	44
Tabel 4.8	Resume Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	45
Tabel 4.9	Hasil Hitungan Metode Rasional	47
Tabel 4.10	Koefisien Pengaliran	47
Tabel 4.11	Hasil Hitungan Metode <i>Haspers</i>	48
Tabel 4.12	Hasil Hitungan Debit Banjir Rencana Dari Kedua Metode	49
Tabel 4.13	Harga Koefisien (Kp)	52
Tabel 4.14	Harga Koefisien (Ka)	52
Tabel 4.15	Perhitungan Momen Akibat Berat Sendiri	56
Tabel 4.16	Harga Koefisien Gempa n dan m	57
Tabel 4.17	Perhitungan Momen Akibat Gaya Gempa	57
Tabel 4.18	Perhitungan Momen Akibat Gaya Gempa	57
Tabel 4.19	Perhitungan Momen Akibat <i>Uplift Pressure</i>	59
Tabel 4.20	Rekapitulasi Gaya-gaya Pada Kondisi Air Normal	60
Tabel 4.21	Harga-harga Perkiraan Untuk Koefisien Gesekan	61

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Akibat Berat Sendiri	62
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Akibat Gaya Gempa	62
Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Akibat Tekanan Lumpur	62
Tabel 4.25 Perhitungan Momen Akibat Tekanan Hidrostatik	62
Tabel 4.26 Perhitungan Momen Akibat Uplift Pressure	63
Tabel 4.27 Rekapitulasi Gaya-gaya Kondisi Air Banjir	63



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
Gambar 2.1	Grafik Curah Hujan.....	07
Gambar 2.2	Mercu Bulat Dengan Satu Jari-jari (R)	15
Gambar 2.3	Mercu Bulat Dengan Dua Jari-jari (R).....	16
Gambar 2.4	Sket Lebar Embung.....	16
Gambar 2.5	Sket Tinggi Mercu Embung	17
Gambar 2.6	Sket Tinggi Muka Air Dihulu.....	18
Gambar 2.7	Tinggi Muka Air Diatas Mercu	19
Gambar 2.8	Sket Panjang Lantai Muka.....	20
Gambar 2.9	Beberapa Istilah Untuk Bendungan Urugan.....	20
Gambar 2.10	Kolam USBR Tipe I.....	22
Gambar 2.11	Kolam USBR Tipe II	23
Gambar 2.12	Kolam USBR Tipe III	23
Gambar 2.13	Kolam USBR Tipe IV	24
Gambar 2.14	Sket Pintu Intake.....	26
Gambar 2.15	Unsur-unsur Persamaan Distribusi Tekanan Pada Pondasi.....	27
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian.....	33
Gambar 3.2	Data Proyek	34
Gambar 3.3	Diagram Alir.....	36
Gambar 4.1	Sket Tinggi Mercu Pelimpah Embung	50
Gambar 4.3	Sket Pintu Penguras	51
Gambar 4.4	Sket Gambar Gaya Akibat Berat Sendiri	52
Gambar 4.5	Sket Diagram Akibat Tekanan Lumpur	58
Gambar 4.6	Diagram Akibat Uplift Pressure	59
Gambar 4.7	Diagram Tekanan Hidrostatik Air Banjir	62

DAFTAR NOTASI

X_t	= Curah hujan kala ulang T tahun (mm)
\bar{X}	= Curah hujan maksimum rata-rata (mm)
S	= Standar deviasi yang didapat dengan memakai rumus
μ	= Standar variabel untuk kala ulang tertentu, yang didapat berdasarkan nilai T
n	= Jumlah banyak pengamatan
m	= Derajat / tingkat data hujan yang disusun mulai dari terbesar hingga kecil
X_1	= Rengking ke 1 curah hujan maksimum dari besar sampai kecil
X_2	= Rengking ke 2 curah hujan maksimum dari besar sampai kecil
Q	= Debit maksimum (m^3/dtk)
α	= Koefisien limpasan
β	= Koefisien reduksi
q	= Hujan maksimum ($m^3/dtk/km^2$)
A	= Luas <i>catchment area</i> (km^2)
t	= Durasi hujan (jam)
r_n	= Distribusi curah hujan dengan periode ulang T (mm)
Qn	= Debit maksimum (m^3/dtk)
C	= Koefisien limpasan, <i>run off coefficient</i>
tc	= Intensitas hujan selama waktu konsentrasi
A	= Luas <i>catchment area</i> (Km^2)
L	= Panjang sungai
V	= Kecepatan pertambahan banjir (Km/jam)
I	= Intensitas hujan
Δh	= Beda tinggi yang ditinjau (m)
H	= Tinggi energi di hulu atas mercu (m)
r_1, r_2	= Jari-jari pembulatan puncak mercu (m)
B_{eff}	= Lebar efektif embung (m)
B_{tot}	= Lebar total embung (m)

n	= Jumlah pilar (buah)
Kp	= Koefisien kontraksi pilar
Ka	= Koefisien kontraksi pangkal embung
Tp	= Tebal pilar (m)
Bp	= Lebar pintu penguras (m)
Hi	= Tinggi energi (m)
Qd	= Debit banjir rencana (m^3/dtk)
Cd	= Koefisien debit (lihat grafik C_0, C_1, C_2)
V	= Kecepatan Aliran (m/dtk)
p	= Tinggi mercu (m)
K	= Tinggi energi (m)
h	= Tinggi air di atas mercu embung (m)
g	= Percepatan grafitasi (m/dtk^2)
B_{eff}	= Lebar embung efektif (m)
H_1	= Tinggi air di atas mercu ditambah tinggi energi (m)
B_{tot}	= Lebar total embung (m)
Q	= Debit aliran (m^3/dtk)
U_x	= <i>Uplift Pressure</i> pada titik x (ton/m)
H_x	= Tinggi muka air di hulu embung sampai titik x(m)
L_x	= Panjang <i>Creep Line</i> sampai titik x (x)
L_{tot}	= Panjang total <i>Creep Line</i> (m)
ΔH	= Perbedaan tinggi tekanan di hulu dan di hilir bendung
Y_w	= Berat jenis air ($1\text{ton}/m^3$)
Y_{pas}	= Berat jenis pasangan batu ($2,20\text{ton}/m^3$)
A_d	= Percepatan gempa rencana (m/dtk^2)
n,m	= Koefisien untuk jenis tanah
ac	= Percepatan kejut dasar (m/dtk^2)
E	= Koefisien gempa
g	= Percepatan grafitasi = $9,8\text{ m}/s^2$
z	= Faktor yang bergantung pada letak geografis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat akan diiringi dengan meningkatnya kebutuhan diberbagai bidang. Salah satunya adalah meningkatnya kebutuhan air baku. Karena air bersih menjadi suatu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia baik untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari maupun irigasi. Dimana pada saat musim hujan terdapat air yang melimpah, sedangkan saat musim kemarau mengalami kekurangan air. Ketidak-seimbangan kebutuhan air bersih dengan ketersediaan air menjadi realita permasalahan saat ini. Sebagai salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan adanya suatu bangunan air sebagai tempat untuk menampung air saat musim hujan dan mengalirkannya saat musim kemarau. Pengelolaan sumber daya air ini bisa berupa pembangunan teknis seperti pembangunan bendungan, bendung, dan embung.

Nagari Maek merupakan salah satu kenagarian yang ada di Kecamatan Bukik Barisan Kabupaten Lima Puluh Kota yang terletak pada $00^{\circ}13' - 00^{\circ}25'$ Lintang Selatan dan $100^{\circ}37' - 100^{\circ}56'$ Bujur Timur. Dengan luas wilayah 122,06 km² atau 41,49% dari luas wilayah Kecamatan Bukik Barisan. Secara administrasi Nagari Maek terdiri dari 12 jorong dengan penduduk sebanyak 9.907 jiwa (Sumber : BPS Kabupaten Lima Puluh Kota, 2018). Bentuk permukaan Nagari Maek merupakan daerah perbukitan dan daratan yang bervariasi tingkat kemiringannya. Secara umum kemiringan wilayah nagari maek dibagi atas kemiringan 8-15%, kemiringan 15-30%, kemiringan 30-45% dan kemiringan >45%. Dengan tingkat ketinggian 617 m diatas permukaan laut. Nagari maek memiliki potensi pertanian dan perkebunan yang luas, menyebabkan daerah ini mengalami permasalahan sumber daya air pada saat musim kemarau. Sehingga ketersediaan air untuk kebutuhan penduduk dan pertanian menjadi berkurang cukup drastis.

Dengan demikian, untuk menunjang ketersediaan air baku di Nagari Maek maka perlu dilaksanakan pembangunan embung. Pembangunan embung ini dipilih karena di Nagari Maek memiliki potensi untuk dibangunnya sebuah

embung. Potensi yang dimaksudkan yakni berupa aliran sungai dan tebing yang akan digunakan sebagai sandaran sayap embung. Tugas akhir ini bertujuan untuk meninjau perencanaan embung yang berfungsi untuk menampung air hujan yang berlebih dan mengalirkan saat dibutuhkan. Agar dapat bermanfaat dan menunjang kesejahteraan masyarakat serta petani yang ada di wilayah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prosedur perencanaan suatu Embung ?
2. Berapa dimensi bangunan dan tubuh embung ?
3. Bagaimana stabilitas tubuh Embung Batang Singon?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, mengingat cakupan dari tinjauan perencanaan embung yang cukup luas, maka penulis membatasi tinjauan perencanaan Embung Batang Singon ini dengan hanya meninjau perencanaan dimensi tubuh embung tersebut dengan menggunakan metode Hasper, Gumbel dan metode Log Pearson Type III.

Dalam merencanakan konstruksi dan dimensi bendung tersebut, diperlukan melakukan analisa hidrologi terlebih dahulu. Hal tersebut bertujuan untuk mencari curah hujan rata-rata, curah hujan rencana dan mendapatkan debit banjir rencana yang digunakan untuk dasar perencanaan hidrolis embung.

Adapun batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Analisa Hidrologi terdiri dari :
 - Analisa curah hujan rata-rata,
 - Analisa curah hujan rencana,
 - Analisa debit banjir (Q).
2. Perhitungan Hidrolis embung
3. Perhitungan Dimensi embung
4. Perhitungan Stabilitas embung

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun Maksud dan Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tujuan :

1. Mendapatkan hasil analisa Hidrologi untuk Embung Batang Singon.
2. Mengetahui debit banjir dengan skala ulang 50 tahun.
3. Mengetahui stabilitas tubuh Embung Batang Singon.

Manfaat :

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pembanding dari perencanaan yang telah dibuat sebelumnya. Dengan banyaknya metode-metode yang dapat digunakan, sehingga mungkin bisa terjadi perbedaan perhitungan yang juga berakibat berbedanya disain akhir suatu bangunan. Adanya pembangunan Embung Singon di Nagari Maek tepatnya di Jorong Sopan Tanah, diharapkan dapat memenuhi ketersediaan air masyarakat saat musim kemarau. Sehingga masyarakat masih bisa mendapat pasokan air untuk kebutuhan sehari-hari dan untuk mengairi lahan pertanian.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas, maka materi-materi yang tertera pada skripsi ini dikelompokkan menjadi beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori yang berupa pengertian dan defenisi yang diambil dari kutipan buku dan sumber-sumber lain dari media massa yang berkaitan dengan penyusunan proposal ini, serta beberapa *literature review* yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan metode dan tahap-tahap prosedur dari penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil pengambilan data di lapangan dan pembahasan analisa dan penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Umum

Defenisi embung berdasarkan buku Pedoman Teknis Konservasi Air Melalui Pembangunan Embung yang diterbitkan oleh Direktorat Pengelolaan Air Irigasi, Kementerian Pertanian (2011) adalah bangunan konservasi air berbentuk cekungan disungai atau aliran air berupa urugan tanah, urugan batu, beton dan/atau pasangan batu yang dapat menahan dan menampung air untuk berbagai keperluan.

Menurut (Rustam, 2010) embung adalah bangunan *artifisial* yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air dengan kapasitas volume kecil tertentu, lebih kecil dari kapasitas waduk/bendungan. Embung biasanya dibangun dengan membendung sungai kecil atau dapat dibangun di luar sungai. Kolam embung akan menyimpan air dimusim hujan dan kemudian air dimanfaatkan oleh suatu desa hanya selama musim kemarau untuk memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas, penduduk, ternak, dan kebun atau sawah. Jumlah kebutuhan tersebut akan menentukan tinggi tubuh embung dan kapasitas tampungan embung.

(Rahmadana, 2013), mengatakan selain kebutuhan air penentuan potensi kapasitas tampungan harus dipertimbangkan juga dari aspek kehilangan air akibat penguapan (*evaporasi*) embung.

Permasalahan embung pada umumnya adalah *degradasi fungsional*, ditandai dengan berkurangnya kapasitas air tertampung, sedimentasi, rembesan, tumbuhnya tanaman liar pada tubuh bendung/tanggul, erosi, dan beberapa masalah lainnya. Kerusakan-kerusakan ini harus mendapat perhatian serius sebab jika tidak ditangani 24 lama-kelamaan akan menyebabkan kegagalan struktur embung dan tidak terpenuhinya sistem irigasi yang optimal dan menurunkan nilai efisien sistem dari embung.

Menurut (Alexander, 2009), tujuan dari dibangunnya embung adalah:

- Konservasi sumber daya air dan konservasi lingkungan.
- Menaikkan tinggi muka air tanah.
- Persediaan air baku untuk daerah sekitar.

- Mendukung potensi wisata.
- Meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar sehingga menambah pendapatan asli daerah.

UU no.7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air menyebutkan pemeliharaan adalah kegiatan untuk merawat sumber air dan prasarana sumber air yang ditujukan untuk menjamin kelestarian fungsi sumber air dan prasarana SDA.

2.2 Analisa Data Hidrologi

Untuk merencanakan suatu embung sangat diperlukan data hidrologi sungai sebagai data dasar. Hal tersebut berkaitan dengan perkiraan debit banjir dengan periode ulang tertentu. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan. Jadi yang perlu dianalisa adalah curah hujan harian dari stasiun pengamatan yang mewakili keadaan curah hujan pada daerah aliran sungai tersebut.

2.2.1 Analisa Curah Hujan Rata-Rata

Data yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata merupakan data curah hujan harian maksimum dari stasiun hujan. Adapun metode yang digunakan adalah metode *Aritmatik*, dimana perhitungan dengan cara ini sama dengan menghitung rata-rata *Aljabar* dengan menggunakan Pers. 2.1 di bawah ini:

$$\bar{X} = \frac{X_1+X_2+X_3+\dots+X_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

(Sumber: Soewarno 1995)

Dimana:

- \bar{X} = Curah hujan maksimum rata-rata.
- X_1 = Curah hujan yang tercatat pada stasiun no.1
- X_2 = Curah hujan yang tercatat pada stasiun no.2
- X_3 = Curah hujan yang tercatat pada stasiun no.3
- X_n = Banyak pos pengamatan

Dalam perencanaan Embung Batang Singon ini data yang digunakan yaitu data pada Stasiun Suliki, karena dari 3 data stasiun curah hujan yang didapatkan yaitu Stasiun Suliki, Stasiun Canduang, dan Stasiun Sarilamak hanya Stasiun Suliki yang masuk dalam *Cathment* area sungai Batang Singon. Sedangkan data

dari Stasiun Wilayah.I Biaro dan Stasiun Sarilamak akan digunakan sebagai data pembanding untuk uji konsistensi.

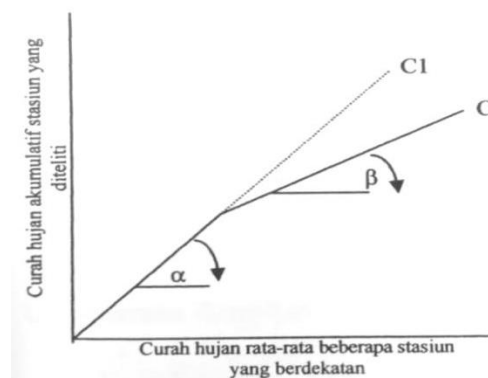
2.2.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Ketelitian data curah hujan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah hidrologi sangat dipengaruhi oleh konsistensi data itu, karena ada kalanya data curah hujan tidak konsisten yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti:

- Perubahan mendadak pada sistem lingkungan, misalnya karena adanya pembangunan gedung-gedung atau tumbuhnya pohon-pohon di tempat alat pengukur dipasang.
- Perubahan cara pengukuran (misalnya berhubung adanya alat baru atau metode baru)
- Pemindahan alat ukur, dsb.

Konsistensi data hujan dari suatu tempat pengamatan dapat diselidiki dengan teknik garis masa ganda (*double mass curve technique*). Dengan metode ini juga dapat dilakukan koreksinya.

Dasar cara ini ialah dengan membandingkan curah hujan akumulatif dari stasiun yang harus diteliti dengan curah hujan rata-rata beberapa stasiun yang berdekatan. Bila data yang diperoleh konsisten, maka kurva yang terjadi hampir menjadi garis lurus, jika terdapat patahan atau belokan yang menyimpang dari titik tertentu maka dari titik tersebut sampai dengan tahun pengamatan berikutnya dianggap tidak akurat sehingga datanya perlu dikoreksi.



Gambar 2.1 Grafik curah hujan

Sumber : Google

2.2.3 Analisa Curah Hujan Harian Maksimum

Perhitungan ini untuk menentukan curah hujan pada periode ulang tertentu misalnya R_{25} , R_{50} , R_{100} , yang nantinya digunakan dalam menentukan debit banjir rencana, adapun metode yang digunakan antara lain:

a. Metode Log Pearson Type III

Metode Log Pearson Type III dapat diketahui dengan Pers. Di bawah ini:

$$\text{Log}X_t = \text{Log} \bar{X} + Kt * Sd \log x \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \text{Log} X}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Sd \log x = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} X - \text{Log} \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Cs = \frac{n * \sum (\text{Log} X - \text{Log} \bar{X})^3}{(n-1) * (n-2) * (Sd. \text{Log} x)^3} \dots\dots\dots (2.5)$$

(Sumber: Soewarno 1995)

Dimana:

$\text{Log}X_t$ = Curah hujan dengan periode ulang tertentu (mm)

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

Kt = Faktor kurva asimetri

Sd = Standar deviasi

Cs = Koefisien *skewnes*

b. Metode Gumbel

Metode Gumbel dapat deketahui dengan Pers. Di bawah ini :

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} * S_x \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.8)$$

(Sumber: Soewarno 1995)

Dimana:

X_T = Curah hujan kala ulang T tahun (mm)

\bar{X} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)

Y_t = *Reduced variated*

Y_n = *Reduced mean*

- S_n = *Reduced standart deviation*
- S_x = Standar deviation
- n = Banyak data tahun pengamatan

Prosedur perhitungan :

- Data curah hujan rata-rata disusun berurut dari besar sampai kecil dan buat tabel perhitungan.
- Hitung standar deviasi.
- Cari nilai Y_t, Y_n, S_n (Harga Y_t, Y_n , dan S_n dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3)
- Maka X_T didapat dengan rumus tersebut diatas.

c. Metode Haspers

Metode Haspers dapat dilihat dengan Pers. Di bawah ini :

$$X_T = \bar{X} + S * \mu_t \dots\dots\dots (2.9)$$

(Sumber: Soewarno 1995)

Dimana :

- X_t = Curah hujan kala ulang T tahun (mm)
- \bar{X} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm)
- S = Standar deviasi yang didapat dengan memakai rumus
- μ = Standar variabel untuk kala ulang tertentu, yang didapat berdasarkan nilai T (dari Tabel 2.4)

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{X_1 - \bar{X}}{\mu} + \frac{X_2 - \bar{X}}{\mu} \right) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$T = \frac{n+1}{m} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

- n = Jumlah banyak pengamatan
- m = Derajat / tingkat data hujan yang disusun mulai dari terbesar hingga kecil .
- X_1 = Rengking ke 1 curah hujan maksimum dari besar sampai kecil
- X_2 = Rengking ke 2 curah hujan maksimum dari besar sampai kecil

Tabel 2.1 Distribusi Log Pearson Tipe III harga Koefisien Kemencengan (Cs)

Koefisien Cs	Peiode Ulang (Tahun)						
	2	5	10	25	50	100	200
	Peluang (%)						
	0,5	0,2	0,1	0,04	0,02	0,01	0,005
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,5	-0,360	0,516	1,250	2,626	3,304	3,854	4,652
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,097	3,705	4,444
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,609	4,298
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,484	3,499	4,147
1,6	-0,254	0,673	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,990	0,990	0,995
-2,2	0,330	0,751	0,844	0,888	0,905	0,905	0,907
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,799	0,799	0,800
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber : Soemarto, 1995.

Tabel 2.2 Reduced Variated (Yt)

Return Period (Tahun)	Reduced Variated (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
500	6,2140
1000	6,9190

Sumber : Soemarto, 1995.

Tabel 2.3 Reduced Mean (Y_n) dan Reduced Standard Deviasi (S_n)

n.	Y_n	S_n	n.	Y_n	S_n	n.	Y_n	S_n
10	0,4952	0,9496	41	0,5442	1,1436	72	0,5552	1,1873
11	0,4996	0,9676	42	0,5448	1,1458	73	0,5555	1,1881
12	0,5035	0,9833	43	0,5453	1,1480	74	0,5557	1,1890
13	0,5070	0,9971	44	0,5458	1,1499	75	0,5559	1,1898
14	0,5100	1,0095	45	0,5463	1,1519	76	0,5561	1,1906
15	0,5128	1,0206	46	0,5468	1,1538	77	0,5563	1,1915
16	0,5157	1,0316	47	0,5473	1,1557	78	0,5565	1,1923
17	0,5181	1,0411	48	0,5477	1,1574	79	0,5567	1,1930
18	0,5202	1,0493	49	0,5381	1,1590	80	0,5569	1,1938
19	0,5220	1,0565	50	0,5485	1,1607	81	0,5570	1,1945
20	0,5236	1,0628	51	0,5489	1,1623	82	0,5572	1,1953
21	0,5252	1,0696	52	0,5493	1,1638	83	0,5574	1,1959
22	0,5268	1,0754	53	0,5497	1,1658	84	0,5576	1,1967
23	0,5283	1,0811	54	0,5501	1,1667	85	0,5578	1,1973
24	0,5296	1,0864	55	0,5504	1,1681	86	0,5580	1,1987
25	0,5309	1,0915	56	0,5508	1,1696	87	0,5581	1,1987
26	0,5320	1,0961	57	0,5511	1,1708	88	0,5583	1,1994
27	0,5332	1,1004	58	0,5515	1,1721	89	0,5585	1,2001
28	0,5343	1,1047	59	0,5518	1,1734	90	0,5585	1,2007
29	0,5353	1,1086	60	0,5521	1,1747	91	0,5587	1,2013
30	0,5362	1,1124	61	0,5524	1,1759	92	0,5591	1,2020
31	0,5371	1,1159	62	0,5527	1,1770	93	0,5591	1,2026
32	0,5380	1,1193	63	0,5530	1,1782	94	0,5592	1,2032
33	0,5388	1,1226	64	0,5533	1,1793	95	0,5593	1,2038
34	0,5396	1,1255	65	0,5535	1,1803	96	0,5595	1,2044
35	0,5402	1,1285	66	0,5538	1,1814	97	0,5596	1,2049
36	0,5410	1,1313	67	0,5540	1,1824	98	0,5598	1,2055
37	0,5418	1,1339	68	0,5543	1,1834	99	0,5599	1,2060
38	0,5424	1,1363	69	0,5545	1,1844	100	0,5600	1,2065
39	0,5430	1,1388	70	0,5548	1,1854			
40	0,5436	1,1413	71	0,5550	1,1854			

Sumber : Soemarto, 1995.

Tabel 2.4 Standart Variabel untuk metode Haspers

T	μ	T	μ	T	μ	T	μ
1,00	-1,86	2,80	0,11	18,00	1,80	54,00	2,83
1,01	-1,35	3,00	0,17	19,00	1,85	56,00	2,86
1,02	-1,28	3,20	0,24	20,00	1,89	58,00	2,90
1,03	-1,23	3,40	0,29	21,00	1,94	60,00	2,93
1,04	-1,19	3,60	0,34	22,00	1,98	62,00	2,96
1,05	-1,15	3,80	0,39	23,00	2,02	64,00	2,99
1,06	-1,12	4,00	0,44	24,00	2,06	66,00	3,02
1,08	-1,07	4,50	0,55	25,00	2,10	68,00	3,05
1,10	-1,02	5,00	0,64	26,00	2,13	70,00	3,08
1,15	-0,93	5,50	0,73	27,00	2,17	72,00	3,11
1,20	-0,85	6,00	0,81	28,00	2,19	74,00	3,13
1,25	-0,79	6,50	0,88	29,00	2,24	76,00	3,16
1,30	-0,73	7,00	0,95	30,00	2,27	78,00	3,18
1,35	-0,68	7,50	1,01	32,00	2,32	80,00	3,21
1,40	-0,63	8,00	1,06	34,00	2,39	82,00	3,23
1,50	-0,54	9,00	1,17	36,00	2,44	84,00	3,26
1,60	-0,46	10,00	1,26	38,00	2,49	86,00	3,28
1,70	-0,40	11,00	1,35	40,00	2,54	88,00	3,30
1,80	-0,33	12,00	1,43	42,00	2,59	90,00	3,33
1,90	-0,28	13,00	1,50	44,00	2,63	92,00	3,35
2,00	-0,22	14,00	1,57	46,00	2,67	94,00	3,37
2,20	-0,13	15,00	1,63	48,00	2,71	96,00	3,39
2,40	-0,04	16,00	1,69	50,00	2,75	98,00	3,41
2,60	0,04	17,00	1,74	52,00	2,79	100,00	3,43

Sumber : Soemarto, 1995.

2.3 Debit Banjir Rencana

2.3.1 Metode Hasper

Metode Hasper dapat diketahui dengan Pers. Di bawah ini :

$$Q = \alpha * \beta * q * A \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\alpha = \frac{1+0,012*A^{0,7}}{1+0,075*A^{0,7}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \left(\frac{t+3,70*10^{-0,4t}}{t^2+15} \right) * \left(\frac{A^{0,75}}{12} \right) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$t = 0,1 * L^{0,8} * I^{-0,3} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$qn = \frac{r_n}{3,6*t} \dots\dots\dots (2.16)$$

Untuk nilai r_n menurut Haspers dapat ditentukan dengan Pers. Di bawah ini:

$$r_n = \frac{t*R_n}{t+1-0,008(260-r_n)(2-t)^2} \text{ (untuk } t \leq 2 \text{ jam)} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$r_n = \frac{t*R_n}{t+1} \text{ (untuk } 2 \text{ jam} < t \leq 19 \text{ jam)} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$r_n = 0,707 * R_n \sqrt{(t + 1)} \quad \text{untuk } 19 \text{ jam} < t \leq 30 \text{ hari)..... (2.19)}$$

(Sumber: Soewarno 1995)

Dimana :

- Q = Debit maksimum (m³/dtk)
- α = Koefisien limpasan
- β = Koefisien reduksi
- q = Hujan maksimum (m³/dtk/km²)
- A = Luas *catchment area* (km²)
- t = Durasi hujan (jam)
- r_n = Distribusi curah hujan dengan periode ulang T (mm)
- Qn = Perkiraan *run off* lama hujan selama n jam

2.3.2 Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rencana memakai metode Rasional dapat diketahui dengan Pers. Di bawah ini :

$$Q_n = \frac{C * I * A}{3,60} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$V = 72 * \left(\frac{\Delta h}{L}\right)^{0.60} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$tc = \left(\frac{L}{V}\right) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$I = \frac{R_n}{24} \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana:

- Qn = Debit maksimum (m³/dtk)
- C = Koefisien limpasan, *run off coefficient*
- tc = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi
- A = Luas *catchment area* (Km²)
- L = Panjang sungai
- V = Kecepatan pertambahan banjir (Km/jam)
- I = Intensitas hujan
- Δh = Beda tinggi yang ditinjau (m)

2.4 Perhitungan Hidrolis Embung

Hidrolis embung adalah komponen-komponen dari tubuh embung yang berhubungan langsung dengan sifat-sifat pada embung. Dalam perencanaan hidrolis embung banyak hal-hal yang perlu diperhatikan seperti pemilihan atau penempatan lokasi embung, type embung yang dipakai dan lain sebagainya.

2.4.1 Pemilihan Lokasi Embung

Embung adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menampung kelebihan air pada saat debit tinggi dan melepaskannya pada saat dibutuhkan. Embung merupakan salah satu bagian dari proyek secara keseluruhan maka letaknya juga dipengaruhi oleh bangunan-bangunan lain seperti bangunan pelimpah, bangunan penyadap, bangunan pengeluaran, bangunan untuk pembelokan sungai dan lain-lain (Soedibyo, 2003).

Untuk menentukan lokasi dan denah embung harus memperhatikan beberapa cara yaitu (Soedibyo, 2003) :

- Tempat embung merupakan cekungan yang cukup untuk menampung air, terutama pada lokasi yang keadaan geotekniknya tidak lulus air, sehingga kehilangan airnya hanya sedikit.
- Lokasinya terletak di daerah manfaat yang memerlukan air sehingga jaringan distribusinya tidak begitu panjang dan tidak banyak kehilangan 14ea ra.
- Lokasi embung terletak di dekat jalan, sehingga jalan masuk (access road) tidak begitu panjang dan lebih mudah ditempuh.

Sedangkan cara yang menentukan didalam pemilihan tipe embung adalah (Soedibyo, 2003) :

- Tujuan pembangunan proyek
- Keadaan klimatologi setempat
- Keadaan hidrologi setempat
- Keadaan di daerah genangan
- Keadaan geologi setempat
- Tersedianya bahan bangunan
- Hubungan dengan bangunan pelengkap

- Keperluan untuk pengoperasian embung
- Keadaan lingkungan setempat
- Biaya proyek

2.4.2 Tipe Mercu

Mercu embung yaitu bagian teratas tubuh embung dimana aliran dari hulu dapat melimpah ke hilir. Fungsinya sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian hulu embung, sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran sungai. Di Indonesia umumnya dipakai dua tipe mercu yaitu tipe bulat dan tipe *ogee*, kedua mercu ini dapat dipakai baik untuk konstruksi beton maupun pasangan batu atau kombinasi dari keduanya.

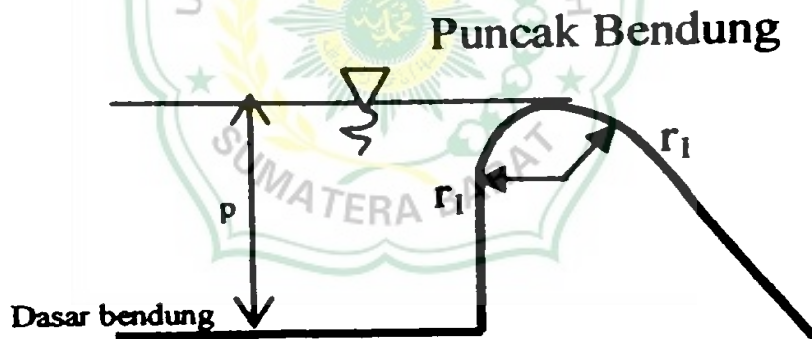
a. Mercu Tipe Bulat

Terdapat dua macam mercu tipe bulat yaitu dengan satu jari-jari dan dua jari-jari

- Mercu bulat dengan satu jari-jari (R)

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini:

$$r_1 = 0,50 s / d \ 1,00 * H \dots\dots\dots (2.24)$$



Gambar 2.2 Mercu bulat dengan satu jari-jari (R)

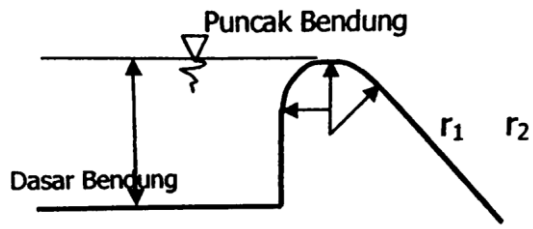
Sumber : Google

- Mercu bulat dengan dua jari-jari (R)

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$r_1 = 0,50 * H \dots\dots\dots (2.25)$$

$$r_2 = 1,00 s/d \ 1,50 * H \dots\dots\dots (2.26)$$



Gambar 2.3 Mercu bulat dengan dua jari-jari (R)

Sumber : Google

Dimana:

H = Tinggi energi di hulu atas mercu (m)

r_1, r_2 = Jari-jari pembulatan puncak mercu (m)

2.4.3 Lebar Total Embung

Lebar total embung adalah jarak bagian dalam antara tembok sebelah kanan dan sebelah kiri, lebar dibuat 1 s/d 1,2 dari lebar rata-rata sungai atau dihitung berdasarkan keadaan lapangan,

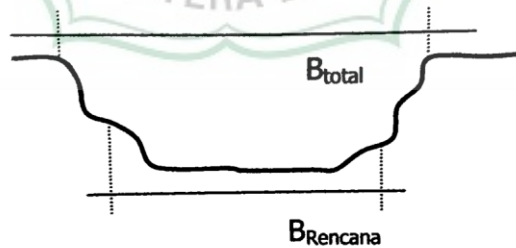
Lebar total embung dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$B_{tot} = B_r * 1,2 \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana:

B_{tot} = Lebar total embung (m)

B_r = Lebar sungai rata-rata (m)



Gambar 2.4 Sket lebar embung

Sumber : Google

2.4.4 Lebar Efektif Embung

Lebar efektif embung dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini:

$$B_{eff} = B_{tot} - 2(n * Kp + Ka) * Hi - \sum T_p - (0,2 * B_p) \dots\dots (2.28)$$

Dimana:

B_{eff} = Lebar efektif embung (m)

B_{tot} = Lebar total embung (m)

n = Jumlah pilar (buah)

K_p = Koefisien kontraksi pilar

K_a = Koefisien kontraksi pangkal embung

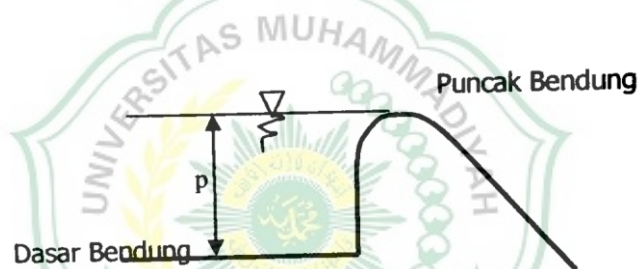
T_p = Tebal pilar (m)

B_p = Lebar pintu penguras (m)

H_i = Tinggi energi (m)

2.4.5 Tinggi Mercu

Tinggi mercu adalah jarak antara lantai muka embung dengan puncak mercu (P).



Gambar 2.5 Sket tinggi mercu embung

Sumber : Google

Untuk menentukan elevasi puncak mercu embung dapat diambil berdasarkan:

- Elevasi sawah tertinggi yang dapat diairi = +X
- Tinggi genangan air di sawah = 0,10 m
- Kehilangan tekanan dari tersier ke sawah = 0,10 m
- Kehilangan tekanan dari sekunder ke tersier = 0,10 m
- Kehilangan dari primer ke sekunder = 0,10 m
- Kehilangan tekanan karena miring saluran = 0,15 m
- Kehilangan tekanan dialat ukur = 0,40 m
- Kehilangan tekanan dari intake ke saluran primer = 0,20 m
- Persediaan tekanan karena eksploitasi = 0,10 m
- Persediaan tekanan untuk lain-lain bangunan = 0,25 m

$$\Sigma = 1,50 \text{ m}$$

Elevasi puncak mercu embung = $X + 1,50$ m

(Sumber : Memed, 2002)

2.4.6 Tinggi Muka Air Banjir di Hulu Embung

Tinggi muka air banjir di hulu embung dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$Qd = \frac{2}{3} Cd * \sqrt{\frac{2}{3} * g * B_{eff} * H_1^{1,50}} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Cd = C_0 * C_1 * C_2 \dots\dots\dots (2.30)$$

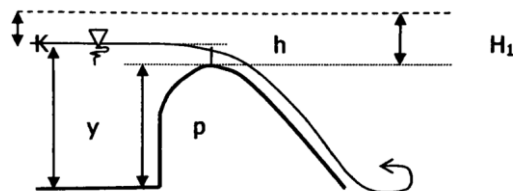
$$V = \frac{Q}{B_{tot}} * (p + h) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$K = V^2 / 2g \dots\dots\dots (2.32)$$

$$h = H_1 - K_1 \dots\dots\dots (2.33)$$

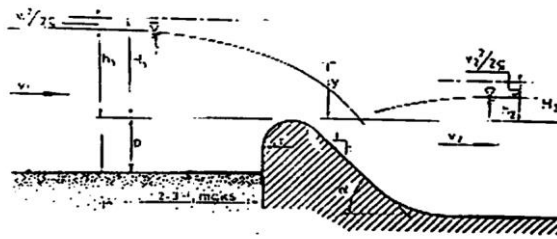
Dimana:

- Qd = Debit banjir rencana (m³/dtk)
- Cd = Koefisien debit (lihat grafik C₀, C₁, C₂)
- V = Kecepatan Aliran (m/dtk)
- p = Tinggi mercu (m)
- K = Tinggi energi (m)
- h = Tinggi air di atas mercu embung (m)
- g = Percepatan grafitasi (m/dtk²)
- B_{eff} = Lebar embung efektif (m)
- H₁ = Tinggi air di atas mercu ditambah tinggi energi (m)
- B_{tot} = Lebar total embung (m)
- Q = Debit aliran (m³/dtk)

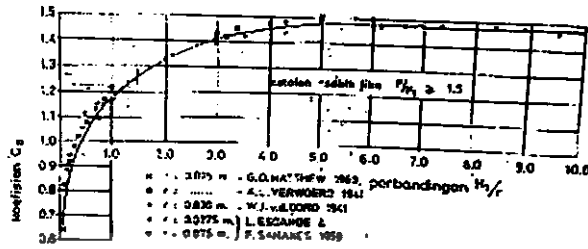


Gambar 2.6 Sket tinggi muka air di hulu

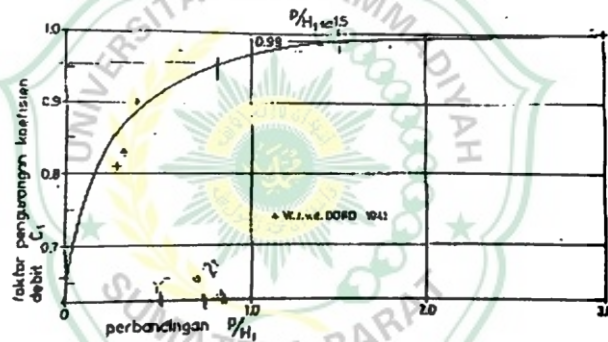
Sumber : Google



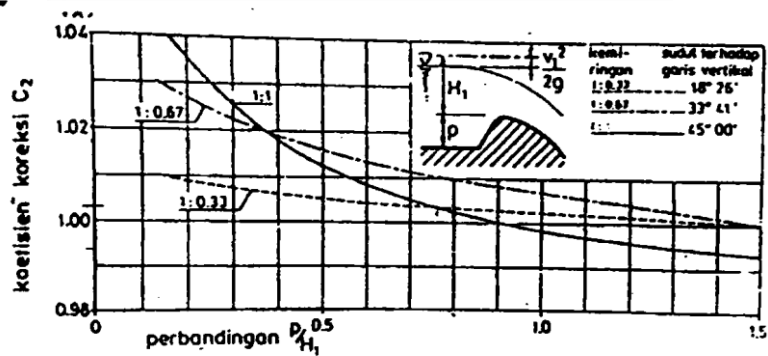
Gambar 2.7 Tinggi muka air di atas mercu



Grafik 2.1 Harga koefisien C_0 fungsi perbandingan H/r



Grafik 2.2 Harga koefisien C_1 fungsi perbandingan p/h_1



Grafik 2.3 Harga koefisien C_2 fungsi perbandingan p/H_1

Sumber : Google

2.4.7 Panjang Lantai Muka

Untuk mencegah terjadinya rembesan air dibawah embung adalah dengan memperpanjang kontak (*Creep Line*) antara tanah dengan konstruksi lantai didepan embung tersebut, dalam hal ini panjang lantai muka diperhitungkan berdasarkan panjang bidak kontak (*Creep Line*) minimum yang dibutuhkan.

Untuk menentukan *Creep Line* dapat digunakan metode *Bligh* atau metode *Lane* dengan Pers. di bawah ini:

- Metode *Bligh*

$$\Delta H = L/C \dots\dots\dots (2.34)$$

- Metode *Lane*

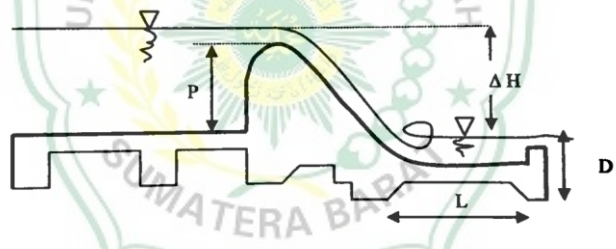
$$\Sigma LW = \Sigma L_v + \frac{1}{3} \Sigma L_n \geq C * \Delta H \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana:

ΔH = Perbedaan tinggi tekanan air di hulu dan di hilir embung

ΔLW = Panjang *Creep Line* minimum yang dibutuhkan

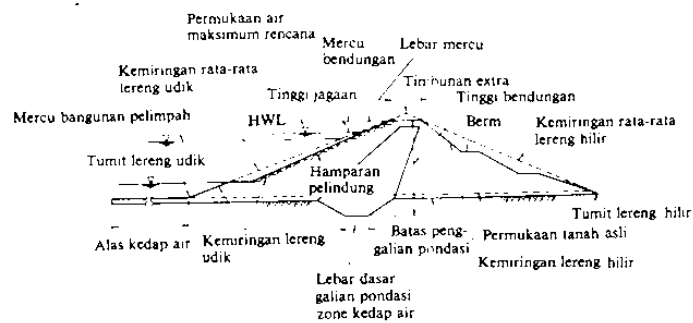
C = *Creep Line*, tergantung dari jenis tanah dasar



Gambar 2.8 Sket panjang lantai muka

Sumber : Google

2.4.8 Perencanaan Tubuh Embung



Gambar 2. 9 Beberapa Istilah Untuk Bendungan Urugan

(Sumber: Suyono, 2002)

2.4.8.1 Tinggi Jagaan

Untuk mendapatkan harga tinggi jagaan 21ea dihitung dengan Pers. di bawah ini:

$$H_f \geq \Delta H + \left(h_c \text{ atau } \frac{h_e}{2} \right) + h_a + h_i \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana:

Δh = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk yang terjadi akibat timbulnya banjir abnormal (m)

h_w = tinggi ombak akibat tiupan 21ea ra (m)

h_e = tinggi ombak akibat tiupan 21ea ra (m)

h_a = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk, apabila terjadi kemacetan-kemacetan pada pintu bangunan pelimpah (m)

h_i = tinggi tambahan berdasarkan tipe pelimpah (m)

H_f = tinggi jagaan (m)

2.4.8.2 Lebar Mercu Embung

Lebar mercu yang memadai diperlukan untuk jalan inspeksi dan juga supaya bagian puncak tahan terhadap hempasan ombak di atas permukaan lereng yang berdekatan dengan mercu 40 tersebut serta dapat bertahan terhadap aliran filtrasi yang melalui mercu bagian puncak. Untuk mendapatkan lebar mercu digunakan Pers. sebagai berikut;

$$B = 3,6H^{1/3} - 3,0 \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana:

B = lebar mercu

H = tinggi bendungan

2.4.9 Kolam Olakan

Bangunan peredam 21ea ra digunakan untuk peredam 21ea ra pencegah gerusan (Sosrodarsono dan Takeda, 1977).

Sebelum aliran air yang melintasi bangunan pelimpah dikembalikan lagi kesungai, aliran dengan kecepatan tinggi yang memiliki 21ea ra dan daya penggerus yang besar harus direduksi hingga mencapai tingkat normal. Sehingga aliran yang masuk ke sungai tidak membahayakan kestabilan alur sungai yang

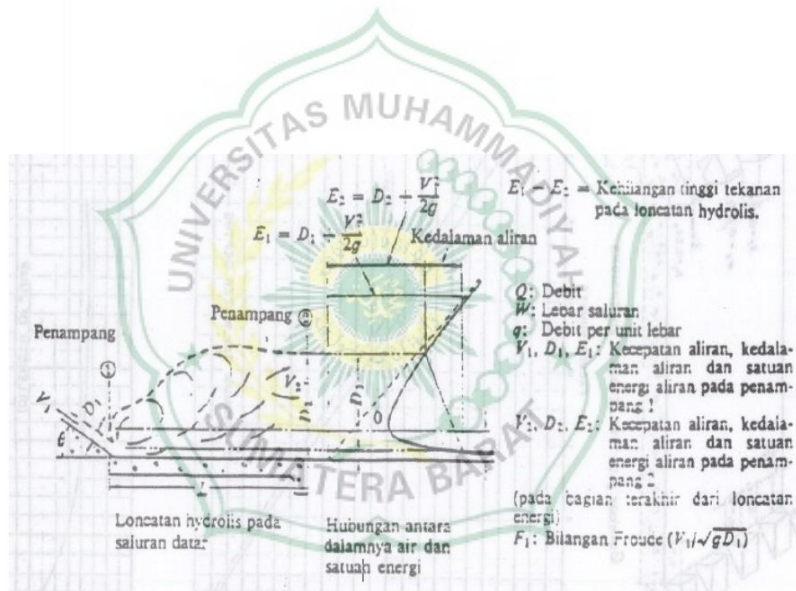
bersangkutan. Untuk mereduksi 22ea ra tersebut, maka diujung aliran peluncur biasanya terdapat bangunan peredam 22ea ra.

Bangunan 22ea ra terdiri dari berbagai macam salah satunya yakni tipe kolam olakan. Salah satu jenis kolam olak adalah tipe kolam olak tipe USBR . Perencanaan tipe kolam olak USBR tergantung dari 22ea ra yang masuk. Energi tersebut dinyatakan dalam bilangan *Froude*.

Tipe USBR sedniri dibagi menjadi 4 tipe sebagai berikut:

1. USBR tipe I

Kolam olak tipe ini hanya sesuai untuk mengalirkan debit yang reatif kecil dengan kapasitas peredaman 22ea ra yang kecil dan kapasitas peredaman 22ea ra yang kecil.

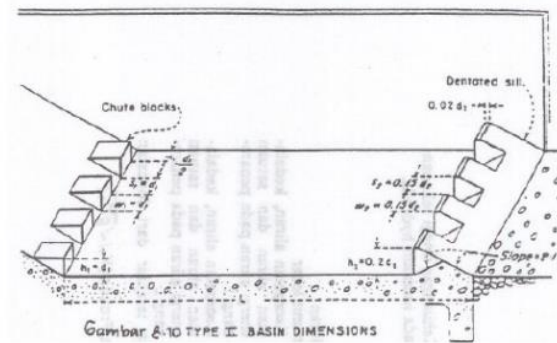


Gambar 2. 10 Kolam USBR Tipe I.

(Sumber: Suyono, 2002)

2. USBR tipe II

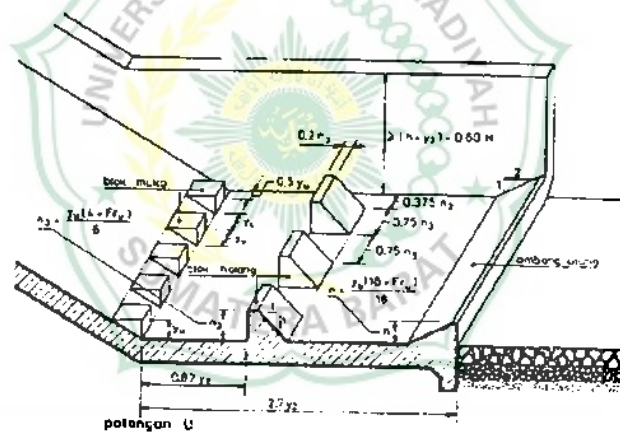
Kolam olakan tipe II cocok untuk aliran dengan tekanan hidrostatis tinggi (>60) dan debit yang besar ($q > 45 \text{ m}^3 / \text{dt}$) serta bilangan Froude > 4.5 . Peredaman 22ea ra terjadi akibat gesekan antara molekul-molekul air didalam kolam dan dibantu oleh perlengkapan-pelengkapan yang dibuat berupa gigi-gigi pemecah aliran di pinggir udik dasar kolam dan ambang bergerigi di pinggir lainnya.



Gambar 2. 11 Kolam USBR Tipe II
(Sumber: Suyono, 2002)

3. USBR tipe III

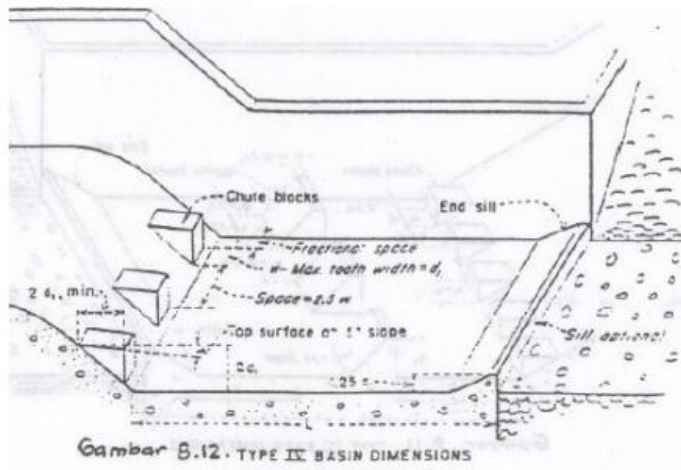
Prinsip kerja tipe III mirip dengan tipe II namun tipe ini lebih cocok untuk aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah, debit yang agak kecil ($q < 4.5$ dan kecepatan aliran ($V < 18,0$ m/dt).



Gambar 2. 12 Kolam USBR Tipe III
(Sumber: Suyono, 2002)

4. USBR tipe IV

Kolam olakan tipe IV paling cocok untuk aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah dan debit yang besar per unit lebar, yaitu untuk aliran dalam kondisi super kritis dengan bilangan Froude 2,5 s/d 4,5.



Gambar 2. 13 Kolam USBR Tipe IV

(Sumber: Suyono, 2002)

Kedalaman kolam olakan didasarkan pada tinggi loncatan hidrolis aliran ditambah tinggi jagaan yang diperlukan untuk mengimbangi kenaikan permukaan air yang terjadi dibagian hilirnya.

Untuk menentukan bilangan *Froude* (*Fr*) dapat ditentukan dengan Pers. di bawah ini:

$$V_1 = \sqrt{2 * g * (1/2 * H + Z)} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana:

- V_1 = Kecepatan aliran di atas mercu (m/dt)
- H = Tinggi air di atas mercu (m)
- Z = Tinggi jatuh air (m)
- g = Percepatan grafitasi (m/dt)

Menentukan tinggi air di kolam olakan dengan Pers. di bawah ini:

$$\frac{y_2}{y_1} = 1/2(\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1) \dots\dots\dots (2.39)$$

$$q = Q/B_{eff}$$

$$q = V_1 * Y_1$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g*y_1}} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana:

- y_2 = Kedalaman air di atas ambang ujung (m)
- y_1 = Kedalaman air diawal loncat air (m)
- Fr = Bilangan *Froude*

- g = Percepatan gravitasi (m/dt²)
- V₁ = Kecepatan awal loncatan (m/dt)

2.4.10 Tebal Lantai Kolam Olak

Tebal lantai kolam olak dipengaruhi oleh *Uplift Pressure*, yaitu gaya yang bekerja pada titik-titik tertentu dibawah konstruksi yang mendorong konstruksi ke atas. Untuk mengontrol tebal lantai kolam olakan dapat ditentukan dengan Pers. di bawah ini :

$$dx.y\ pas \geq Ux.y\ air \dots\dots\dots (2.41)$$

$$Ux = Hx - \frac{Lx*\Delta H}{L.tot} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana:

- Ux = *Uplift Pressure* pada titik x (ton/m)
- Hx = Tinggi muka air dihilu embung sampai titik x(m)
- Lx = Panjang *Creep Line* sampai titik x (x)
- L.tot = Panjang total *Creep Line* (m)
- ΔH = Perbedaan tinggi tekanan dihilu dan dihilir bendung
- Yw = Berat jenis air (1ton/m³)
- Ypas = Berat jenis pasangan batu (2,20ton/m³)

2.4.11 Pintu Intake

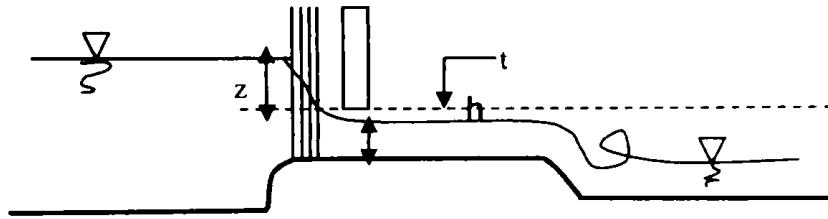
Dalam perencanaan pintu pengambilan (*Intake*) dilengkapi dengan pintu pengatur dan bagian depan sebelah atas tertutup untuk menjaga pengaruh muka air tinggi pada saat banjir. Untuk perhitungan hidrolisnya adalah berdasarkan perbedaan elevasi muka air di hulu dengan muka air di hilir pintu yaitu dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini:

$$Q = \mu * b * h\sqrt{2 * g * Z} \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana:

- Q = Debit pengambilan rencana (m³/dt)
- μ = Koefisien pengaliran
- b = Lebar pintu (m)
- h = Tinggi bukaan pintu (m)

- g = Percepatan grafitasi
- Z = Kehilangan tinggi energi dari intake ke saluran primer (m)



Gambar 2.14 Sket pintu Intake

Sumber : Google

2.4.12 Pintu Penguras

Lebar pintu penguras dapat diambil 1/6 s/d 1/10 lebar total embung dengan Pers. di bawah ini:

$$B_p = \frac{1}{10} * B_{tot} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

- B_p = Lebar pintu penguras
- B_{tot} = Lebar total embung

2.5 Kontrol Terhadap Gempa

Kontrol terhadap stabilitas gempa ditinjau dari dalam keadaan gempa untuk mendapatkan koefisien gempa digunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_d = n(ac * z)^m \dots\dots\dots (2.45)$$

$$E = \frac{ad}{g} \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana:

- A_d = Percepatan gempa rencana (m/dtk²)
- n,m = Koefisien untuk jenis tanah
- ac = Percepatan kejut dasar (m/dtk²)
- E = Koefisien gempa
- g = Percepatan grafitasi = 9,8 m/s²
- z = Faktor yang bergantung pada letak geografis

2.6 Analisis Stabilitas Embung

Muatan-Muatan Gaya-Gaya yang Diperhitungkan :

a. Berat sendiri bangunan

Berat sendiri bangunan tergantung pada bahan yang dipakai untuk membuat bangunan tersebut. Berat sendiri bangunan dapat di ketahu dengan Pers. dibawah ini :

$$V = A * \gamma_b * B \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana :

V = Gaya vertikal karena berat sendiri (kN)

A = Luas penampang banguna (m²)

γ_b = Berat jenis bahan (kN/m³)

B = Lebar bangunan (m)

Untuk pendekatan umum berat jenis bahan di bawah ini digunakan sebagai acuan :

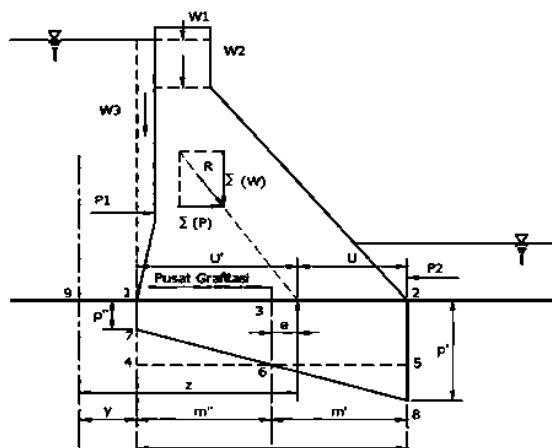
Tabel 2.5 Harga-harga Berat Jenis

Bahan	Berat Jenis (kgN/m ³)
Pasangan batu	22
Beton tumbuk	23
Beton bertulang	24

Sumber : Prastumi ,2008

b. Reaksi Pondasi

Reaksi pondasi boleh diandaikan berbentuk trapesium dan tersebar secara linier.



Gambar 2.15 Unsur-Unsur Persamaan Distribusi Tekanan Pada Pondasi

Sumber : Prastumi, 2008

Tekanan vertikal pondasi :

$$p = \frac{\Sigma(W)}{A} + \frac{\Sigma(W)e}{I} m \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

p = Tekanan vertikal pondasi

$\Sigma(W)$ = Jumlah gaya vertikal, termasuk tekanan ke atas kecuali reaksi pondasi

A = Luas dasar pondasi (m²)

E = Eksentrisitas pembebanan atau jarak dari pusat gravitasi dasar (base) sampai titik potong resultan dengan dasar.

I = Momen kelembaban dasar dari sekitar pusat gravitasi.

m = Jarak dari titik pusat luas dasar sampai ke titik dimana tekanan dikehendaki.

Untuk dasar segi empat dengan panjang (L) dan lebar (ℓ) 1,0 m, $I = L^3 / 12$ dan $A = 1$, rumus menjadi (Prastumi, 2008) :

$$p = \frac{\Sigma(w)}{A} \left\{ 1 + \frac{12e}{l^2} m \right\} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$m' = m'' = \frac{1}{2} L \dots\dots\dots (2.50)$$

- Tekanan vertikal maksimum pondasi pada ujung bangunan :

$$p' = \frac{\Sigma(w)}{L} \left[1 + \frac{6I}{L} \right]$$

- Tekanan vertikal minimum pondasi pada ujung yang lain :

$$p' = \frac{\Sigma(w)}{L} \left[1 - \frac{6I}{L} \right]$$

Bila harga I dari persamaan di atas lebih besar dari 1/6L maka akan dihasilkan tekanan negatif pada ujung bangunan. Tarikan seperti itu tidak ijin karena akan menyebabkan konstruksi terguling. Sehingga, harus diusahakan membuat reaksi pondasi positif di ujung-ujungnya atau tekanan negatif = 0 dan tekanan maksimum lebih kecil dari daya dukung ijin tanah di bawah pondasi.

c. Gaya Gempa

Gaya horisontal karena gempa diambil sama dengan berta bangunan dikalikan dengan intensitas gempa (Prastumi, 2008) :

$$h_e = e * V \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

he = Gaya horisontal karena gempa (kN)

e = Intensitas gempa (=0,1 ~ 0,15)

V = Gaya vertikal karena berat sendiri bangunan (kN)

2.7 Kontrol Stabilitas

Untuk stabilitas embung diperiksa terhadap Guling, Geser, dan daya dukung Tanah .

1. Tinjauan Terhadap Guling

Agar konstruksi aman terhadap bahaya guling, maka momen tahanan harus lebih besar dari momen guling. Keamanan terhadap bahaya guling (Soedibyo, 2003) :

$$\frac{M_T}{M_G} \geq Fk \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana :

MT = Momen tahanan

MG = Momen guling

Fk = Faktor keamanan terhadap penggulingan

$$Sf = \frac{\Sigma M_{AV}}{\Sigma M_{AH}} \geq 1,50 \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

Sf = Angka keamanan terhadap penggulingan

Mav = Momen vertikal total

Mah = Momen horisontal total

Bendungan tidak akan terguling apabila :

$$e = \left| \frac{\Sigma M}{\Sigma V} - \frac{B}{2} \right| < \frac{B}{6} \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana :

e = Eksentrisitas, jarak antara titik tangkap gaya R dengan titik tengah pondasi T = DT

B = Lebar pondasi

M = Momen total

V = Vt = Gaya vertikal total

$$Sf = \frac{Mp}{Mg} > 1,5 \text{ Kondisi air normal} \dots\dots\dots (2.55)$$

$$Sf = \frac{Mp}{Mg} > 1,2 \text{ Kondisi air banjir} \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana:

Sf = Faktor keamanan

Mp = Momen penahan

Mg = Momen guling

2. Terhadap Geser

Agar konstruksi aman terhadap bahaya geser, maka momen tahanan harus lebih besar dari momen geser. Keamanan terhadap bahaya guling (Soediby, 2003) :

$$Sf = \frac{f \cdot \Sigma V + C \cdot A}{\Sigma H} \geq Sf' \dots\dots\dots (2.57)$$

Dimana :

Sf = Angka keamanan terhadap geseran

f = Koefisien gesekan

τ = Tegangan geseran dari beton terhadap batuan pondasi

A = Luas permukaan pondasi

Tabel 2.11 Harga-Harga Perkiraan Untuk Koefisien Gesekan

Bahan	f
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

(sumber : KP.02)

$$Sf = \frac{F \cdot \Sigma V}{\Sigma H} > 1,5 \text{ Kondisi air normal} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$Sf = \frac{F \cdot \Sigma V}{\Sigma H} > 1,2 \text{ Kondisi air banjir} \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana:

Sf = Faktor keamanan

V = Jumlah gaya-gaya vertikal

H = Jumlah gaya-gaya horizontal

F = Koefisien gesekan

3. Daya Dukung Tanah

Dari segi penggulingan dan penggeseran, semakin besar gaya vertikal total akan semakin baik karena angka keamanan yang timbul makin besar. Tetapi dari segi tegangan tanah, hal ini tidak menguntungkan karena semakin besar gaya vertikal total tegangan yang timbul akan semakin besar (Soedibyo, 2003). Dapat diketahui dengan Pers. dibawah ini :

$$q_u = (C \cdot N_c + \tau \cdot d \cdot N_q - 1 + 1/2 \cdot \tau \cdot B \cdot N_\tau) \dots\dots\dots (2.60)$$

Dimana :

- Fk = Faktor keamanan
- d = Kedalaman pondasi
- c = Kohesifitas
- τ = Berat jenis tanah jenuh
- θ = Sudut geser dalam

Pada konstruksi pasangan batu kali tidak boleh terjadi tegangan tarik, ini berarti bahwa yang bekerja pada tiap-tiap potongan dan gaya resultante harus masuk. Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$e = \frac{B}{2} - a \leq \frac{B}{6} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$a = \frac{\Sigma MV - \Sigma MH}{\Sigma V} \dots\dots\dots (2.62)$$

Dimana:

- e = Jarak *eksentrisitas*
- B = Lebar dasar embung
- a = Jarak *resultante*
- ΣMH = Jumlah momen horizontal
- ΣMV = Jumlah momen vertikal
- ΣV = Gaya vertikal

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Dalam suatu perencanaan embung, terlebih dahulu harus dilakukan survey dan investigasi dari lokasi yang bersangkutan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data yang berhubungan dengan perencanaan yang lengkap dan teliti. Untuk mengatur pelaksanaan perencanaan perlu adanya metodologi yang baik dan benar karena metodologi merupakan acuan untuk menentukan langkah-langkah kegiatan yang perlu diambil dalam perencanaan. Dalam perencanaan embung ini dibuat metodologi penyusunan sebagai berikut :

- Survey dan investigasi pendahuluan
- Pengumpulan data
- Analisis data
- Perencanaan konstruksi embung
- Stabilitas konstruksi embung

3.2 Lokasi Penelitian

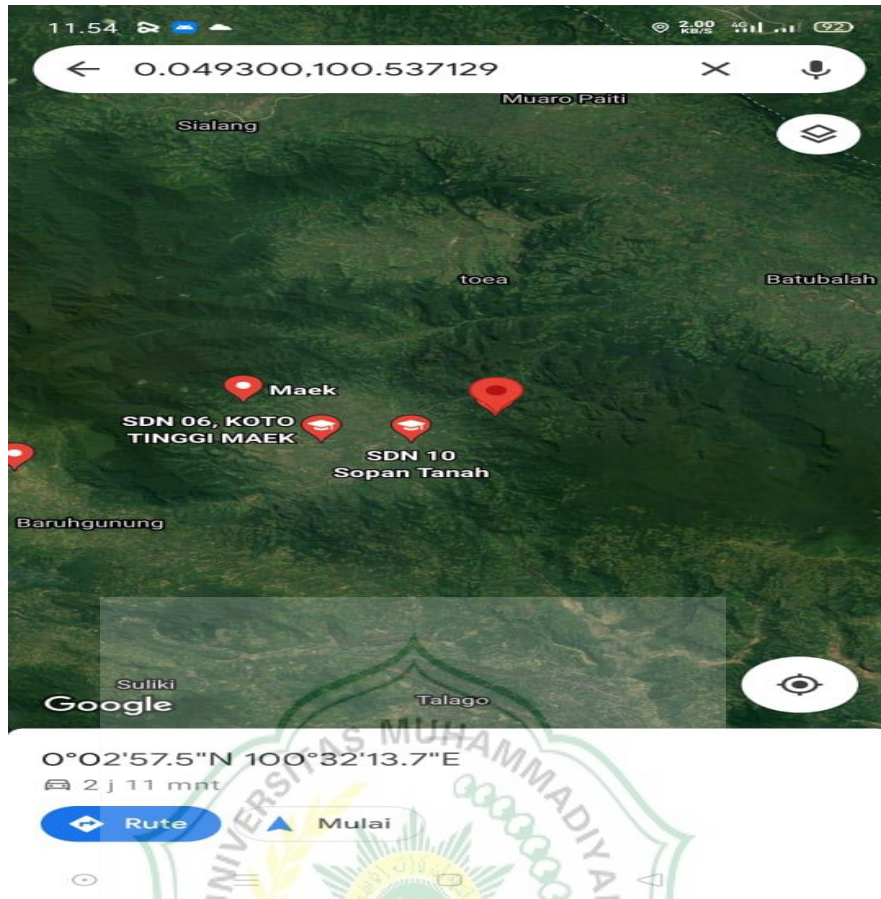
Penelitian ini dilakukan pada Daerah Irigasi Batang Maek Nagari Maek, Kabupaten Lima Puluh Kota. Luas Wilayah Kabupaten Lima Puluh Kota memiliki luas daratan mencapai 3.354,30 Km². Kabupaten Lima Puluh Kota terbagi menjadi 13 (tiga belas) kecamatan, yaitu Kecamatan Payakumbuh, Akabiluru, Luak, Lareh Sago Halaban, Sitinjau Limo Nagari, Harau, Guguk, Mungka, Suliki, Bukik Barisan, Gnuang Omeh, Kapur IX, dan Pangkalan Koto Baru.

Bagian Utara : berbatasan dengan Kabupaten Rokan Hulu dan Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

Bagian Selatan : berbatasan dengan Kabupaten Tanah Datar

Bagian Barat : berbatasan dengan Kabupaten Agam dan Kabupaten Pasaman.

Bagian Timur : berbatasan dengan Provinsi Riau.



Gambar 1.1 Lokasi penelitian (Maek, Kec.Bukit Barisan, Kab.Lima Puluh Kota)
 Sumber : *Google map* Selasa 15-06-2021 jam 11.54

3.3 Data Proyek

Data proyek adalah gambaran tentang proyek yang telah mempunyai kekuatan 33ea r, sehingga orang disekitarnya mengetahui bahwa proyek tersebut telah dilaksanakan secara sah dan resmi. Biasanya data tersebut dicantumkan oleh kontraktor pada papan pengumuman di lokasi proyek :

- a. Pemilik Proyek : PJPA WS IAKR Provinsi Sumatera Barat
- b. Nama Proyek : Pembangunan Embung Batang Singon Kabupaten Lima puluh Kota.
- c. Lokasi Proyek : Kabupaten Lima Puluh Kota.
- d. Nomor Kontrak : HK.02.03/BWS.S5-PJSA.WS.IAKR/DSE/01
- e. Tanggal Kontrak : 12 Maret 2018
- f. Tanggal Mulai : 13 Maret 2018
- g. Kontraktor : PT. BARINDO PRIMA AGUNG

- h. Konsultan Supervisi : PT. PARADES KARYA CONSULTANT KSO.
PT. YASA KREASINDO CEMERLANG
- i. Waktu Pelaksanaan : 300 (Tiga ratus) Hari kalender
- j. Nilai Kontrak : Rp. 8.726.562.000,00
- k. Koordinat : 0° 2.341'S 100° 31.255'T

DATA KONTRAK	
Nama Proyek	PEMBANGUNAN EMBUNG BATANG SINGON KABUPATEN LIMA PULUH KOTA
No. Kontrak	HK.02.03/BWS.S5-PJSA.WS.IAKR/DSE/01
Tgl. Kontrak	12 Maret 2018
Tgl. SPMK	13 Maret 2018
Kontraktor	PT. BARINDO PRIMA AGUNG
Konsultan	CV. PARADES KARYA CONSULTANT KSO. PT. YASA KREASINDO CEMERLANG
Sumber Dana	SBSN 2018
Nilai Kontrak	Rp 8.726.562.000
Waktu Pelaksanaan	300 Hari Kalender
Koordinat	0° 2.341'S 100° 31.255'T

Gambar 1.2 Data proyek

Sumber : *Google Website* Kementerian PU (2021) Selasa 15-06-2021 jam 12.34

3.4 Data Penelitian

Setiap perencanaan akan membutuhkan data-data pendukung baik data primer maupun data sekunder (Soedibyo, 1993).

Dalam tahapan ini dilakukan kegiatan pengumpulan data yang diperlukan dalam studi ini. Pengumpulan data ini harus terencana dengan baik agar tepat sasaran dan efektif. Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

1. Data Primer

Data primer didapat dari pihak-pihak yang berkepentingan dan data-data *aktual* lainnya yang berkaitan dengan kondisi saat ini. Data primer dapat dilakukan dengan metode *observasi* dan wawancara.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

- a. Data berupa gambar perencanaan.
- b. Data dimensi (panjang, lebar) bangunan-bangunan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui sumber data yang telah ada, dari instansi terkait, laporan, jurnal, buku, atau sumber lain yang relevan.

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

- a. Data Topografi

Data topografi berfungsi untuk menentukan elevasi dan letak lokasi dimana akan didirikan embung dan luas daerah cekungan.

- b. Data Klimatologi

Data klimatologi ini meliputi:

- Data temperatur bulanan rata-rata
- Kecepatan angin rata-rata
- Kelembapab udara relative rata-rata
- Lama penyinaran matahari rata-rata

- c. Data Hidrologi

Data ini berupa data curah hujan yang berfungsi untuk menentukan analisa debit banjir rancangan untuk mengetahui tinggi embung yang akan direncanakan.

- d. Data Demografi

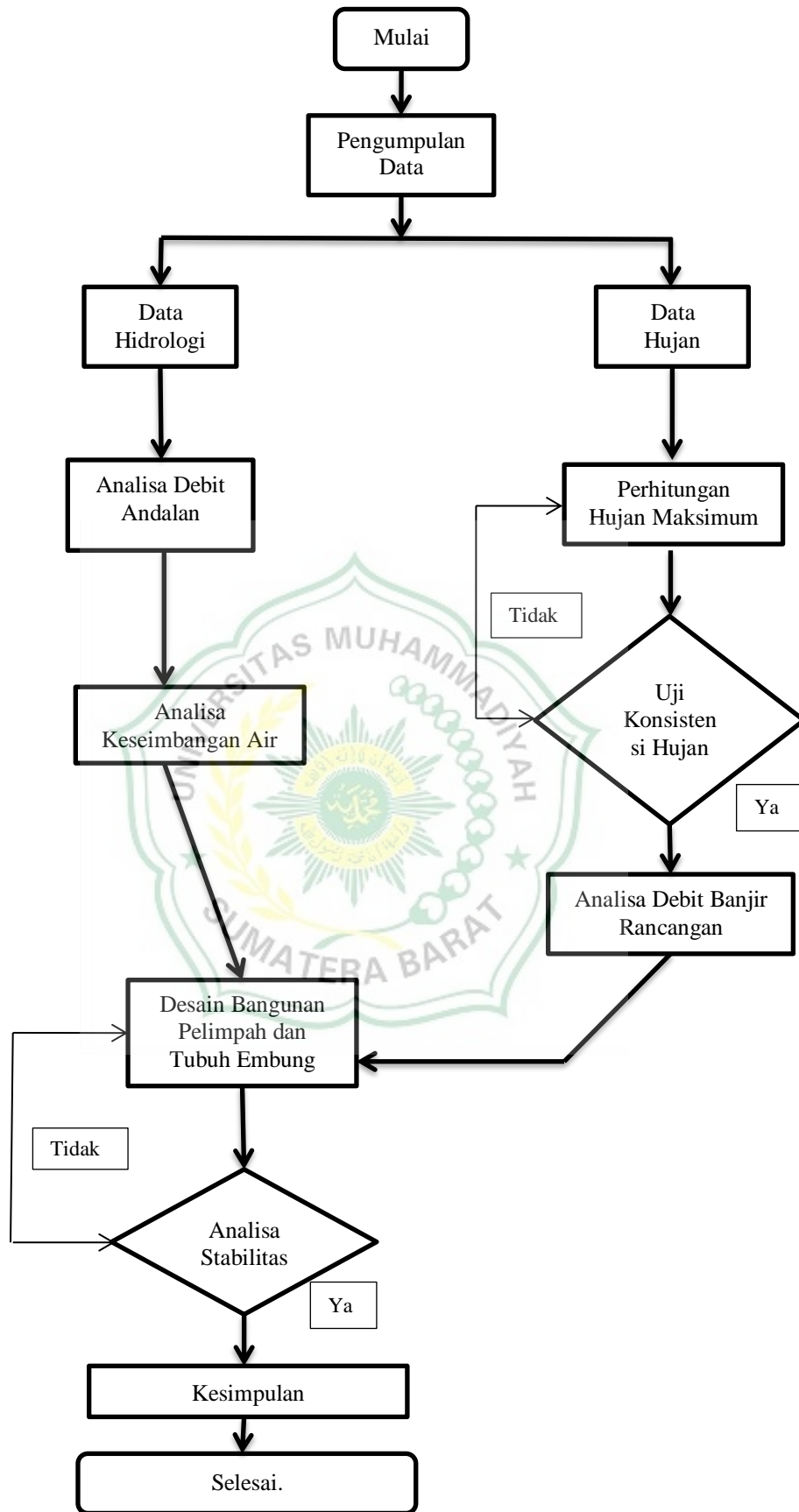
Untuk menentukan proyeksi penduduk pada beberapa tahun ke depan dan mengetahui pertumbuhan penduduk pada daerah tersebut. Data ini dapat diperoleh melalui instansi terkait yaitu instansi Biro Pusat Statistik.

- e. Data Penduduk

- f. Data Curah Hujan

3.5 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian disajikan dalam bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram alir Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam perhitungan analisa hidroligi data yang dibutuhkan adalah data curah hujan maksimum pada stasiun yang berada di lokasi rencana pembangunan embung atau dari stasiun pengamatan yang mewakili keadaan curah hujan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) tempat embung direncanakan.

Untuk perencanaan embung Daerah Irigasi Batang Singon ini digunakan data curah hujan stasiun Suliki sebagai stasiun utama, sedangkan data dari stasiun Canduang dan stasiun Tanjung Pati Sarilamak, dipakai sebagai data pembanding.

Tabel 4.1 Curah Hujan Maksimum Stasiun Suliki

No	Tahun	Hujan Max	Tanggal
1	2011	74	02/05/2011
2	2012	67	03/09/2012
3	2013	107	22/03/2013
4	2014	72	13/12/2014
5	2015	65	01/04/2015
6	2016	140	21/04/2016
7	2017	68	03/11/2017
8	2018	67	05/11/2018
9	2019	72	06/04/2019
10	2020	79	25/04/2020

Sumber : Balai PSDA Kuantan Indragiri

Tabel 4.2 Curah Hujan Maksimum Stasiun Sarilamak

No	Tahun	Hujan Max	Tanggal
1	2011	86	20/02/2011
2	2012	63	23/01/2012
3	2013	75	06/09/2013
4	2014	100	21/11/2014
5	2015	145	22/01/2015
6	2016	70	21/12/2016
7	2017	125	07/11/2017
8	2018	120	09/12/2018
9	2019	70	05/06/2019
10	2020	75	08/11/2020

Sumber : Balai PSDA Kuantan Indragiri

Tabel 4.3 Curah Hujan Maksimum Stasiun Canduang

No	Tahun	Hujan Max	Tanggal
1	2011	41	31/08/2011
2	2012	60,9	07/10/2012
3	2013	60,9	07/10/2013
4	2014	70,5	08/04/2014
5	2015	70	26/04/2015
6	2016	100,6	22/04/2016
7	2017	100,7	08/02/2017
8	2018	60	20/12/2018
9	2019	70	21/03/2019
10	2020	111	17/10/2020

Sumber : Balai PSDA Wilayah Bukittinggi

4.2 Perhitungan Curah Hujan

4.2.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Salah satu cara untuk menguji konsistensi adalah dengan menggunakan analisa kurva massa ganda (*double massa curve technique*) untuk data hujan musiman atau hujan maksimum atau tahunan dari suatu daerah pencatatan stasiun. Data uji dari stasiun hujan utama (Suliki) maka data komulatif dari pos tersebut itu dapat dibandingkan secara grafis dengan data hujan acuan. Data hujan acuan merupakan nilai rata-rata dari stasiun hujan Canduang dan Sarilamak.

Dari perubahan pola (*trend*) pasangan data itu dapat untuk menguji data hujan stasiun utama dengan ketentuan :

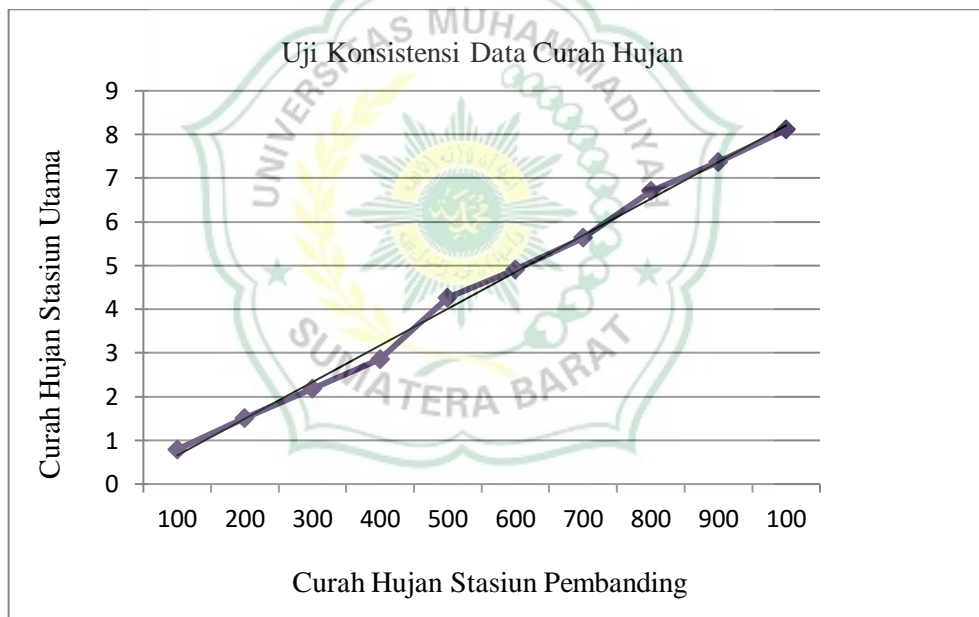
- Pola yang terjadi berupa garis lurus dan tidak terjadi patahan garis itu, maka data hujan pos adalah konsisten.
- Pola yang terjadi berupa garis lurus dan terjadi patah arah garis itu, maka data hujan pos utama tidak konsisten dan harus dilakukan koreksi.

Data hujan tahunan dari pos utama (Suliki) dan data hujan rata-rata pembanding yang berada disekeliling pos utama, data yang dimulai dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 digunakan analisa kurva massa ganda untuk pengujian konsistensi data hujan pos utama seperti tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan Curah Hujan Stasiun Utama dengan Stasiun Pembanding

No	Stasiun Utama	Stasiun Pembanding		Rata-rata Sta. Pembanding	Komulatif	
					Utama	Pembanding
1	74	86	41	63,5	811	837,3
2	67	63	60,9	61,95	737	773,8
3	107	75	60,9	67,95	670	711,85
4	72	100	70,5	85,25	563	643,9
5	65	145	70	107,5	491	558,65
6	140	70	100,6	85,3	426	451,15
7	68	125	100,7	112,85	286	365,85
8	67	120	60	90	218	253
9	72	70	70	70	151	163
10	79	75	111	93	79	93

Sumber : Data Curah Hujan Maksimum tiap Stasiun



Grafik : 4.1 Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Dari kurva uji konsistensi di atas didapatkan kurva perbandingan curah hujan stasiun utama dengan stasiun pembanding hampir merupakan garis lurus dan tidak ada patahan/penyimpangan yang besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan tersebut cukup konsisten dan dapat langsung digunakan tanpa dikoreksi terlebih dahulu.

4.2.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Data curah hujan harian maksimum dibutuhkan untuk Perhitungan debit banjir rencana, data tersebut diperoleh dari stasiun penakar hujan yang ada pada catchment area atau jika tidak ada diambil dari stasiun penakar hujan terdekat. Perhitungan curah hujan rencana dirancang dengan periode ulang tertentu.

Hal ini dimaksudkan untuk mendapat debit banjir rencana sesuai dengan kebutuhan konstruksi yang akan dibangun. Untuk perencanaan embung Batang Singon direncanakan debit banjir 50 tahun (Q50), hal ini dengan pertimbangan konstruksi cukup aman dengan biaya yang lebih ekonomis.

Untuk mendapatkan debit banjir 25 tahun, 50 tahun atau 100 tahun dibutuhkan curah hujan rencana yang sesuai dengan periode ulang debit banjir tersebut. Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana adalah: Metode Log Pearson Type III, Metode Haspers dan Metode Gumbel. Langkah-langkah perhitungan yang digunakan untuk masing-masing metode adalah sebagai berikut :

1. Metode Haspers

Untuk menentukan curah hujan rencana terlebih dahulu harus dicari ranking curah hujan dengan urutan dari terbesar sampai yang terkecil (Table 4.5) dengan demikian perhitungan curah hujan rencana dapat diperoleh untuk periode ulang X25, X50, X100 (Tabel 4.6) yang dapat ditentukan dengan Pers. di bawah ini:

$$X_t = \bar{X} + S * \mu t \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{X_1 - \bar{X}}{\mu} + \frac{X_2 - \bar{X}}{\mu} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

μ = Standar variabel untuk kala ulang tertentu, yang dapat berdasarkan nilai T.

$$T = \frac{n+1}{m} \dots\dots\dots(2.11)$$

Table 4.5 Ranking curah hujan hasil uji konsistensi dari urutan besar sampai kecil

No	Tahun	Xi	Ranking
1	2011	74	140
2	2012	67	107
3	2013	107	79
4	2014	72	74
5	2015	65	72
6	2016	140	72
7	2017	68	68
8	2018	67	67
9	2019	72	67
10	2020	79	65
Jumlah		811	811

Sumber : Hasil perhitungan

$$\text{Curah hujan rata-rata : } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{811}{10} = 81,1 \text{ mm}$$

Perhitungan :

1. \bar{X} Curah hujan rata-rata = 81,1 mm

2. X Absolut 1 = 140

X Absolut 2 = 107

3. Jumlah data hujan (n) = 10

4. Urutan terbesar :

$m_1 = 1$

$m_2 = 2$

5. $T = \frac{n+1}{m} \dots (2.11)$

$T_1 = \frac{10+1}{1} = 11$

$T_2 = \frac{10+1}{2} = 5,5$

6. Standar Variabel (μ) Metode Hasper dapat dilihat pada tabel 2.4.

$T_1 \rightarrow \mu_1 = 1,35$

$T_2 \rightarrow \mu_2 = 0,73$

7. Standar Deviasi (S)

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{X_1 - \bar{X}}{\mu_1} + \frac{X_2 - \bar{X}}{\mu_2} \right) \rightarrow \dots (2.11)$$

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{140-81,1}{1,35} + \frac{107-81,1}{0,73} \right) = 39,56$$

Curah hujan rencana untuk periode ulang adalah :

$$X_t = \bar{X} + S * \mu t \rightarrow (\text{Untuk } \mu t \text{ lihat tabel 2.4})$$

$$X_2 = 81,1 + 39,56 * -0,22 = 89,8 \text{ mm}$$

$$X_5 = 81,1 + 39,56 * 0,64 = 106,42 \text{ mm}$$

$$X_{10} = 81,1 + 39,56 * 1,26 = 130,95 \text{ mm}$$

$$X_{25} = 81,1 + 39,56 * 2,10 = 164,18 \text{ mm}$$

$$X_{50} = 81,1 + 39,56 * 2,75 = 189,89 \text{ mm}$$

$$X_{100} = 81,1 + 39,56 * 3,43 = 216,79 \text{ mm}$$

2. Metode Gumbel

Tabel 4.6 Data curah hujan rencana

No	Ranking (X_i)	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	140	81,1	58,9	3469,21
2	107	81,1	25,9	670,81
3	79	81,1	-2,1	4,41
4	74	81,1	-7,1	50,41
5	72	81,1	-9,1	82,81
6	72	81,1	-9,1	82,81
7	68	81,1	-13,1	171,61
8	67	81,1	-14,1	198,81
9	67	81,1	-14,1	198,81
10	65	81,1	-16,1	259,21
Σ	811			5188,9

Sumber : Hasil perhitungan

Metode Gumbel dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini:

$$X_t = \bar{X} + \frac{Y_t - Y_n}{S_n} * S_x \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

X_t = Curah hujan dengan kala ulang t tahun (mm)

\bar{X} = Curah hujan Rata-rata (mm)

Y_t = *Reduced Variated* (lihat tabel 2.2)

Y_n = *Reduced Mean* (lihat tabel 2.3)

S_n = *Reduced Standart Deviasi* (lihat tabel 2.3)

S_x = *Standart Deviasi*

n = Jumlah data pengamatan hujan (tahun)

Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel :

Diketahui:

n = 10 Tahun

Untuk curah hujan 10 tahun lihat Tabel *Reduced Variated* (Y_t) dan *Reduced Mean* (Y_n), *Reduced Standart Deviasi* (S_n) Tabel 2.2 dan Table 2.3.

Y_n = 0,4952

S_n = 0,9496

Y_{t_2} = 0,3665

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \text{ mm} \rightarrow \text{Pers. (2.8)}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{5188,9}{10-1}} = 24,01 \text{ mm}$$

$$X_2 = 81,1 + \left(\frac{0,3665 - 0,4952}{0,9496} \right) * 24,01 = 77,85 \text{ mm}$$

$$X_5 = 81,1 + \left(\frac{1,4999 - 0,4952}{0,9496} \right) * 24,01 = 106,5 \text{ mm}$$

$$X_{10} = 81,1 + \left(\frac{2,2502 - 0,4952}{0,9496} \right) * 24,01 = 125,47 \text{ mm}$$

$$X_{25} = 81,1 + \left(\frac{3,1985 - 0,4952}{0,9496} \right) * 24,01 = 149,45 \text{ mm}$$

$$X_{50} = 81,1 + \left(\frac{3,9019 - 0,4952}{0,9496} \right) * 24,01 = 167,24 \text{ mm}$$

$$X_{100} = 81,1 + \left(\frac{4,6001 - 0,4952}{0,9496} \right) * 24,01 = 184,89 \text{ mm}$$

3. Metode Log Pearson Type III

Metode Log Pearson dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$\text{Log } X = \text{Log } \bar{X} + K * \text{Sd. Log } x \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} = \frac{18,954}{10} = 1,9 \text{ mm}$$

Tabel 4.7 Perhitungan parameter statistik metode Log Pearson tipe III

No	X_i	$\text{Log } X_i$	$\text{Log } \bar{X}$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$
1	74	1,869	1,9	-0,031	0,0010	-0,00003
2	67	1,826	1,9	-0,074	0,0055	-0,00041
3	107	2,029	1,9	0,129	0,0166	0,00215
4	72	1,857	1,9	-0,043	0,0018	-0,00008
5	65	1,813	1,9	-0,087	0,0076	-0,00066
6	140	2,146	1,9	0,246	0,0605	0,01489
7	68	1,833	1,9	-0,067	0,0045	-0,00030
8	67	1,826	1,9	-0,074	0,0055	-0,00041
9	72	1,857	1,9	-0,043	0,0018	-0,00008
10	79	1,898	1,9	-0,002	0,00001	-0,00000
Σ	811	18,954		-0,046	0,10481	0,01507

Sumber : Hasil perhitungan

$$\text{Sd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,10481}{10-1}} = 0,108$$

Koefisien Skewnes (Cs)

$$C_s = \frac{n * \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1) * (n-2) * (\text{Sd})^3} = \frac{10 * (0,01507)}{(10-1) * (10-2) * (0,108)^3} = 1,66$$

Untuk harga K_t diambil dari tabel 2.1 dengan cara interpolasi yang dapat diketahui dengan rumus di bawah ini:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

Dari hasil interpolasi didapat :

Untuk K_2 = -0,254

Untuk K_5 = 0,673

Untuk K_{10} = 1,329

Untuk K_{25} = 2,163

Untuk K_{50} = 2,780

Untuk K_{100} = 3,388

Jadi :

$$\text{Log } Xt = \text{Log } \bar{X} + Kt * \text{Sd} . \text{Log}_x$$

$$\text{Log}X_2 = 1,9 + (-0,254) * 0,108 = 1,873 \rightarrow X_2 = 74,64 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Log}X_5 = 1,9 + 0,673 * 0,108 = 1,97 \rightarrow X_5 = 97,33 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Log}X_{10} = 1,9 + 1,329 * 0,108 = 2,04 \rightarrow X_{10} = 109,65 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Log}X_{25} = 1,9 + 2,163 * 0,108 = 2,13 \rightarrow X_{25} = 134,89 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Log}X_{50} = 1,9 + 2,780 * 0,108 = 2,2 \rightarrow X_{50} = 158,49 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Log}X_{100} = 1,9 + 3,388 * 0,108 = 2,27 \rightarrow X_{100} = 181,97 \text{ mm/hari}$$

Dari hasil perhitungan ketiga metode di atas resume hasil perhitungan dan diambil tiga metode yang hasilnya mendekati ketiga metode tersebut seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.8 Resume hasil perhitungan curah hujan rencana

Curah hujan rencana	METODE			Rata-rata
	Haspers	Gumbel	Log Pearson	
X_2	89,8 mm	77,85 mm	74,64 mm	80,76 mm
X_5	106,42 mm	106,5 mm	97,33 mm	103,42 mm
X_{10}	130,95 mm	125,47 mm	109,65 mm	122,02 mm
X_{25}	164,18 mm	149,45 mm	134,89 mm	149,51 mm
X_{50}	189,89 mm	167,24 mm	158,49 mm	171,87 mm
X_{100}	216,79 mm	184,89 mm	181,97 mm	194,55 mm

Sumber : Hasil perhitungan

Dari ketiga hitungan tersebut diatas, hasil perhitungan curah hujan yang paling besar adalah dengan menggunakan metode Haspers, maka untuk debit banjir rencana dipakai curah rencana terbesar tersebut agar konstruksi lebih aman.

4.2.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Dalam perhitungan debit banjir rencana Embung Batang Singon ini dihitung dengan dua metode, yaitu metode Rasional dan metode Haspers.

Adapun data-data yang diperlukan untuk perhitungan antara lain :

- Luas *Catchment Area* = 56,80 km²
- Panjang sungai = 16,5 km
- Elevasi sungai tempat rencana Embung = +260,00 m

- Elevasi Hulu Sungai = +440,00 m
- Kemiringan memanjang sungai = 0,0109

1. Metode Rasional

Dapat diketahui dengan Pers. dibawah ini :

$$Q_n = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,60} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$V = 72 * \left(\frac{\Delta H}{L}\right)^{0,60} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$tc = \frac{L}{V} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$I = \left(\frac{Rn}{24}\right) \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

- Q_n = Debit puncak (m^3)
- C = Koefisien pengaliran (*Run Off Coefisien*), untuk perencanaan diambil 0,60 (tabel 4.9)
- I = Intesitas hujan (mm/jam)
- A = Luas Cathment area (km^2) = 56,80 km^2
- L = Panjang sungai (km) = 16,5 km
- Tc = Waktu konsentrasi (jam)
- Rn = Curah hujan rencana (mm), diambil dari (tabel 4.8)
- ΔH = Beda tinggi antara titik terjauh DAS dari titik peninjau, (+440)-(+260) +180 m

Contoh perhitungan :

- L = 16,50 km
- ΔH = + 180 m = 0,18 km
- V = $72 * \left(\frac{0,18}{16,5}\right)^{0,60} = 4,79 \text{ km/jam}$
- Tc = $\frac{16,50 \text{ km}}{4,79 \text{ km/jam}} = 3,44 \text{ jam}$
- I_2 = $\frac{89,8}{24} * \left(\frac{24}{3,44}\right)^{\frac{2}{3}} = 13,46 \text{ mm/jam}$
- Q_2 = $\frac{0,60 * 13,46 * 56,80}{3,60} = 127,42 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini :

Tabel 4.9 Hasil hitungan metode Rasional

No	Periode ulang t (tahun)	Curah hujan rencana (mm)	Qn(m ³ /dtk)
1	2	89,8 mm	127,42
2	5	106,42 mm	142,03
3	10	130,95 mm	186,11
4	25	164,18 mm	233,07
5	50	189,89 mm	269,61
6	100	216,79 mm	307,76

Sumber : Hasil hitungan

Tabel 4.10 Koefisien pengaliran

No	Tata Guna Lahan	Koefisien Pengaliran (f)
1	Bergunung dan curam	0,75-0,90
2	Pengunungan tersier	0,70-0,80
3	Sungai dengan tanah dan hutan di tepian atas dan bawahnya	0,50-0,75
4	Tanah dasar yang ditanami	0,45-0,60
5	Sawah waktu di airi	0,70-0,80
6	Sungai bergunung	0,75-0,85
7	Sungai daratan	0,45-0,75

Sumber : Dr.Monobe

2. Metode Haspers

$$Q_n = \alpha * \beta * q_n * A \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

- Q_n = Debit banjir rencana (m³/dtk)
- α = Koefisien pengaliran (*Run Off Coefficient*)
- β = Koefisien reduksi (*Reduction Coefficient*)
- q_n = Banyak air yang mengalir tiap km (m³/dtk/km²)
- A = Luas *Catchment Area* (km²)

Perhitungan :

- A = 56,80 km²
- L = 16,50 km
- I = 0,0109

$$\alpha = \frac{1+0,012*A^{0,7}}{1+0,075*A^{0,7}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\alpha = \frac{1+0,012*56,80^{0,7}}{1+0,075*56,80^{0,7}} = 0,53$$

$$t = 0,10 * L^{0,80} * I^{-0,30} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$t = 0,10 * 16,50^{0,80} * 0,0109^{-0,30} = 3,65 \text{ jam}$$

$$t = 1,52 < t < 19 \text{ jam}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \left[\frac{t+3,70*10^{-0,40*t}}{t^2+15} \right] * \left[\frac{A^{0,75}}{12} \right] \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \left[\frac{13,65+3,70*10^{-0,40*3,65}}{3,65^2+15} \right] * \left[\frac{56,8^{0,75}}{12} \right]$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + (0,133) * (1,72) = 1,229$$

$$\beta = \frac{1}{1,299} = 0,812$$

Rumus : r_n

1. Untuk $t < 2 \text{ jam} \rightarrow r_n = \frac{t * X_t}{t+1-0,0008(260-X_t)*(2-t)^2}$

2. Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam} \rightarrow r_n = \frac{t * X_t}{t+1}$

3. Untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari} \rightarrow r_n = 0,707 * X_t * \sqrt{2-1}$

Contoh perhitungan : Periode ulang 2 tahun, $t=3,65 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$

$$r_n = \frac{t * X_t}{t+1}$$

$$r_n = \frac{3,65 * 89,8}{3,65+1} = 70,49 \text{ mm}$$

$$q_{n2} = \frac{r_{n2}}{3,6 * t} = \frac{70,49}{3,6 * 3,65} = 5,36 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$Q_{n2} = \alpha * \beta * q_n * A = 0,53 * 0,812 * 5,36 * 56,80 = 131,02 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Untuk hitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Hasil hitungan metode Haspers

No	Periode ulang (th)	Curah hujan rencana rata-rata (mm)	Debit banjir rencana (m ³ /dtk)
1	2	89,8 mm	131,02
2	5	106,42 mm	155,47
3	10	130,95 mm	191,16
4	25	164,18 mm	239,8
5	50	189,89 mm	277,2
6	100	216,79 mm	316,56

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.12 Hasil hitungan debit banjir rencana dari kedua metode (m^3/dtk)

No	Metode	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}
1	Rasional	127,42	142,03	186,11	233,07	269,61	307,76
2	Haspers	131,02	155,47	191,16	239,8	277,2	316,56

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan hal tersebut diatas maka untuk perencanaan Embung Batang Singon dipakai debit banjir periode ulang 50 tahun, yang terbesar adalah Metode Haspers Q_{50} tahun = 277,2 m^3/dtk .

4.3 Perhitungan Hidrolis Embung

Setelah diketahui debit banjir rencana, maka tahap selanjutnya adalah perencanaan konstruksi dari Embung tersebut.

Adapun komponen-komponen yang penting adalah sebagai berikut :

- Tubuh Embung
- Bangunan penguras
- Bangunan Intake
- Kolam olakan

4.3.1 Data-data Perhitungan

Untuk perhitungan Embung Batang Singon, diambil data-data sebagai berikut :

- Debit banjir rencana (Q_{50}) = 277,2 m^3/dtk
- Lebar dasar sungai rata-rata = 45,00 m
- Elevasi dasar sungai = +260,00
- Elevasi sawah tertinggi = +264,50
- Luas daerah yang akan diairi = 450 Ha

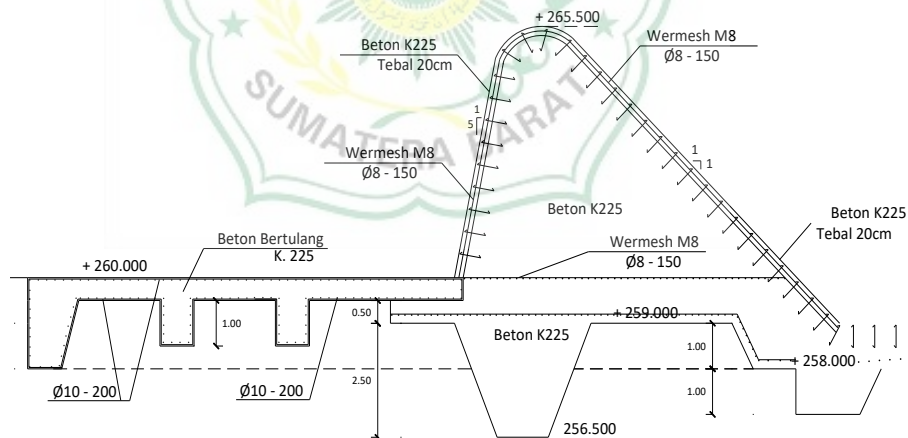
4.3.2 Tinggi Mercu Pelimpah Embung

Mercu Embung direncanakan dari Betok K225, untuk merencanakan elevasi mercu embung ditentukan dari elevasi sawah tertinggi ditambah dengan tinggi kehilangan energi sepanjang saluran tersier, sekunder dan primer serta

tinggi kehilangan energi pada bangunan pelengkap sepanjang saluran tersebut sampai ke intake.

Perhitungan tinggi elevasi mercu Embung :

- Elevasi sawah tertinggi	= +264,50 m
- Tinggi genangan air disawah	= 0,10 m
- Kehilangan energi dari saluran tersier ke sawah	= 0,10 m
- Kehilangan energi dari saluran sekunder ke tersier	= 0,10 m
- Kehilangan energi dari saluran primer ke sekunder	= 0,10 m
- Kehilangan tinggi energi karena miring saluran	= 0,15 m
- Kehilangan energi pada alat ukur	= 0,40 m
- Kehilangan energi dari sungai ke primer	= 0,20 m
- Persediaan tinggi energi untuk operasi	= 0,10 m
- Persediaan tinggi energi untuk bangunan lainnya	<u>= 0,25 m +</u>
Elevasi puncak mercu Embung	= +266,00 m
Elevasi dasar sungai	<u>= +260,00 m –</u>
Tinggi mercu pelimpah Embung (P)	= 6,00 m



Gambar 4.1 Sket tinggi mercu pelimpah embung

4.3.3 Lebar Total Embung

Lebar total embung adalah jarak antara tembok sayap dalam kiri dan kanan embung, untuk menentukan lebar total embung dapat dihitung dengan memakai rumus :

$$B. tot = 1,2 * Br \dots\dots\dots (2.27)$$

$$B. tot = 1,2 * 45,00 = 54,00 m$$

4.3.4 Lebar Pintu Penguras

Lebar pintu penguras yang direncanakan berbentuk box persegi empat :

$$\text{Lebar pintu penguras (Bp)} = 1,50 \times 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bersih Penguras} = 1,00 \times 1,00 \text{ m}$$

Besarnya debit yang dikeluarkan dari pintu penguras dapat dihitung dengan memakai Pers. di bawah ini :

$$Q = \mu * b * h * \sqrt{2 * g * z} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana:

Q = Debit pembilas (m³/dtk)

μ = Koefisien pengaliran (0,6)

b = Lebar pintu penguras (1,00)

h = Tinggi bukaan pintu (1,00)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dtk)

z = Beda tinggi muka air di hulu dan hilir (1/3h m)

V = Kecepatan pengaliran penguras (m/dtk)

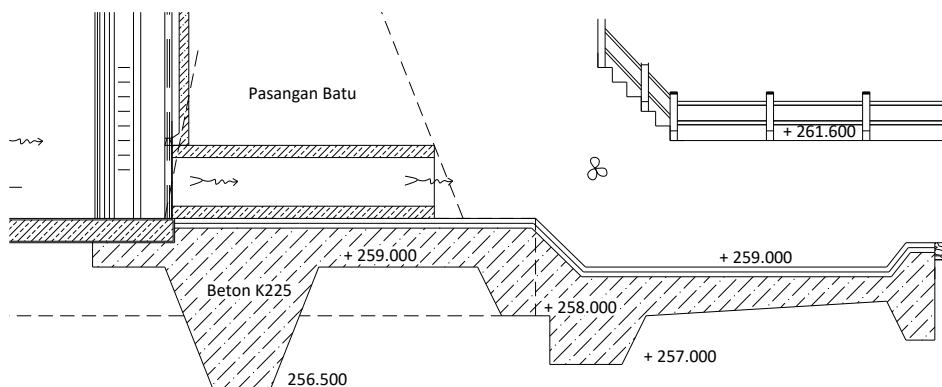
Maka :

$$Z = \frac{1}{3} * h = \frac{1}{3} * 1 = 0,33 \text{ m}$$

$$Q = 0,6 * 1 * 1 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,33} = 4,6 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$A = b * h = 1 * 1 = 1 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4,6 \text{ m}^3/\text{dtk}}{1 \text{ m}^2} = 4,6 \text{ m/dtk}$$



Gambar 4.3 Sket pintu penguras

4.3.5 Lebar Efektif Embung

- Lebar total embung (B.tot) = 54m
 Lebar pintu penguras (Bp) = 1,00 m
 Tebal pilar (Tp) = 0,80 m
 Konstruksi pilar bulat (kp) = 0,01 (Tabel 4.13)
 Konstruksi tembok pengiring bulat = 0,10 (Table 4.14)
 Banyak pilar (n) = 2 buah

$$B. eff = B. tot - 2(n * kp * ka)H_1 - n * Tp - (0,2 * Bp) \dots\dots(2.28)$$

$$B. eff = 54,00 - 2(2 * 0,01 + 0,10)H_1 - 2 * 0,80 - (0,20 * 1)$$

$$= 54,00 - 0,24 * H_1 - 1,4$$

$$= 52,6 - 0,24 * H_1 = 52,48 \text{ m}$$

Tabel 4.13 Harga koefisien (kp)

Bentuk pilar / tembok	Kp
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut-sudut yang bulat pada jarijari yang 52ea ra sama dengan 0,1 dari tebal pilar	0,02
Untuk pilar berujung bulat	0,01
Untuk pilar berujung runcing	0,00

Sumber : KP 02

Tabel 4.14 Harga koefisien (ka)

Bentuk pilar / tembok	Kp
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° 52ea rah aliran	0,20
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90° 52ea rah aliran dengan 0,5 H1 > r > 0,15 H1	0,10
Untuk pangkal tembok bulat dimana r > 0,5 H1 dan tembok hulu tidak lebih dari 45° 52ea rah aliran	0,00

Sumber : KP 02

4.3.6 Kolam Olakan

Untuk menentukan tipe kolam olakan yang akan digunakan, maka terlebih dahulu dihitung nilai bilangan Froude (Fr) :

Penentuan kecepatan awal aliran :

- V_1 = Kecepatan awal aliran (m/dtk)
 H = Tinggi air di atas mercu pelimpah (m) = 0,50 m
 Z = Tinggi jatuh air (m) = 7 m
 g = Percepatan gafitasi (m/dtk) = 9,81 m/dtk

$$V_1 = \sqrt{2 * g * (1/2 * H + Z)} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$V_1 = \sqrt{2 * 9,81 * (1/2 * 0,5 + 7)}$$

$$V_1 = 11,93 \text{ m/dtk}$$

Menentukan tinggi air diawal loncatan dengan Pers. di bawah ini :

$$\frac{y_2}{y_1} = 1/2(\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1) \dots\dots\dots(2.39)$$

$$q = Q/B.eff = 277,2/52,48 = 5,28 \text{ m}$$

$$q = V_1 * y_1$$

$$y_1 = q/V_1 = 5,28/11,93 = 0,48 \text{ m}$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g*y_1}} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$Fr = \frac{11,93}{\sqrt{9,81*0,48}} = 5,48 \text{ m}$$

$$y_2 = 1/2(\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1)y_1$$

$$y_2 = 1/2(\sqrt{1 + 8 * 5,48^2} - 1)0,48$$

$$y_2 = 3,72 \text{ m}$$

Dimana :

y_2 = Kedalaman air diatas embang ujung (m)

y_1 = Tinggi air diawal loncat air (m)

Fr = Bilangan froude

g = Percepatan grafitasi (m/dtk²)

V_1 = Kecepatan awal loncatan (m/dtk)

Q = Debit rencana = 277,2 m³/dtk

B.eff = Lebar efektif embung (52,48 m)

Dari perhitungan di atas didapatkan bilangan froude (Fr) = 5,48 oleh karena itu kolam olak yang cocok dipakai adalah kolam olak USBR Type III karena kolam olak tipe ini dianjurkan dipakai untuk bilangan froude diatas 4,5 (Fr > 4,5).

4.3.7 Gerusan Lokal (*Local Scouring*)

Untuk mengecek pengaruh gerusan dihilir kolam olakan, data-data yang diperlukan yaitu :

- Debit banjir rencana 50 tahunan (Q) = 277,2 m³/dtk

- Diameter butiran rata-rata sadar sungai (d) diambil = 0,40 m

Kedalaman gerusan dapat dihitung secara teoritis dengan memakai Pers. di bawah ini :

$$D = 0,47(Q/F)^{1/3} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$F = 1,76 * \sqrt{d} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana :

D = Kedalaman gerusan (*Local Scouring*) dihilir embung (m)

Q = Debit banjir rencana (m³/dtk)

F = Faktor lumpur lacey

d = Diameter butiran tanah dasar rata-rata (mm)

$$F = 1,76 * \sqrt{0,40} = 1,11$$

$$D = 0,47 * (277,2/1,11)^{1/3} = 2,91 \text{ m}$$

Jadi gerusan yang terjadi dihilir kolam olakan yaitu sedalam 2,91 m, maka tinggi coveran harus lebih besar dari pada kedalaman gerusan (maka ambil tinggi coveran sedalam 3 m)

4.3.8 Pintu Intake

Dimensi bangunan pintu *intake* dihitung dengan Pers. di bawah ini :

$$Q \text{ rencana} = \mu * b * h * \sqrt{2gz} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

Q rencana = Debit pengambilan rencana = 1,37 m³/dtk

μ = Koefisien debit (bukaan bawah air) = 0,80 (*Kp 02*)

g = Percepatan grafitasi = 9,81 m/dtk²

z = Kehilangan tinggi energi dari *intake* ke saluran primer = 0,2 m

b = Lebar pintu *intake* (m)

h = Tinggi bukaan pintu *intake* (m)

Direncanakan lebar pintu intake (b) = 2*h, jadi :

$$Q \text{ rencana} = \mu * b * h * \sqrt{2gz}$$

$$1,37 \text{ m}^3/\text{dtk} = 0,80 * (2 * h) * h * \sqrt{2 * 9,81 * 0,2}$$

$$1,37 \text{ m}^3/\text{dtk} = 0,80 * 2h^2 * 1,98$$

$$1,37 \text{ m}^3/\text{dtk} = 1,58 * 2h^2$$

$$2h^2 = 1,37 \text{ m}^3 / \text{dtk} / 1,58 = 0,865 \text{ m}^2$$

$$h^2 = 0,865 / 2 = 0,4325 \text{ m}^2$$

$$h = \sqrt{0,4325 \text{ m}^2} = 0,658 \approx 0,70 \text{ m}$$

$$b = 2 * h = 2 * 0,70 = 1,40 \text{ m}$$

Kontrol :

$$Q \text{ rencana} = 0,80 * 1,40 * 0,70 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,20} > 1,37 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

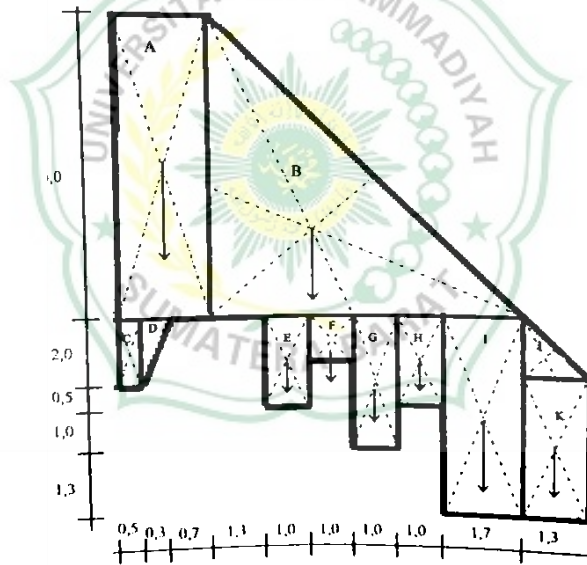
$$Q \text{ rencana} = 1,54 \text{ m}^3 / \text{dtk} > 1,37 \text{ m}^3 / \text{dtk} \dots\dots\dots\text{oke.}$$

4.4 Perhitungan Stabilitas Embung

4.4.1 Stabilitas Kondisi Muka Air Normal

a. Perhitungan Berat Sendiri Konstruksi

Gaya akibat berat sendiri adalah gaya yang ditimbulkan oleh berat sendiri dari konstruksi.



Gambar 4.4 Sket gambar gaya akibat berat sendiri

Untuk menghitung gaya akibat berat sendiri dari konstruksi embung, peninjauan dilakukan pada setiap satu meter, sehingga gaya yang diperhitungkan adalah luas bidang dikalikan dengan berat jenis pasangan batu kali, dimana untuk berat jenis pasangan batu kali (γ_{ps}) = 2,20 t/m³

Hasil perhitungan momen akibat berat sendiri dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.15 Perhitungan momen akibat berat sendiri

No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m)	Berat jenis (ton/m ³)	Berat (ton/m ²)	Lengan (m)		Momen (Nm)	
						x	y	Mx	My
G1	1,50	6,00	9,00	2,20	19,80	9,05	7,80	179,19	154,44
G2	7,00	6,00	21,00	2,20	46,20	5,53	6,80	255,49	314,16
G3	0,50	2,00	1,00	2,20	2,20	9,55	3,80	21,01	8,36
G4	0,30	2,00	0,30	2,20	0,66	9,45	4,13	6,24	2,73
G5	1,00	2,50	2,50	2,20	5,50	6,50	3,55	35,75	19,53
G6	1,00	1,00	1,00	2,20	2,20	5,50	4,30	12,10	9,46
G7	1,00	3,00	3,00	2,20	6,60	4,50	3,30	29,70	21,78
G8	1,00	2,50	2,50	2,20	5,50	3,50	3,35	19,25	19,53
G9	1,70	4,80	8,16	2,20	17,95	2,15	2,40	38,60	43,08
G10	1,30	1,36	0,88	2,20	1,94	0,87	3,89	1,69	7,57
G11	1,30	3,44	4,47	2,20	9,84	0,65	1,72	6,39	16,92
Jumlah					158,40	57,2 5	45,2 4	705,41	617,55

Sumber : Hasil perhitungan

b. Gaya gempa

Gaya gempa diperhitungkan terhadap kondisi konstruksi dan arah gaya yang diperhitungkan adalah gaya horizontal.

Gaya gempa dicari dengan Pers, di bawah ini :

$$K = E * \Sigma G$$

$$ad = n * (ac * z) \dots\dots\dots(2.25)$$

$$E = ad/g \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

K = Gaya gempa

E = Koefisien gempa

ΣG = Berat konstruksi (ton)

ad = Percepatan gempa rencana (m/dtk²)

n,m = Koefisien untuk jenis tanah (tabel 4.16)

ac = Percepatan kejut dasar (cm/dtk²) (tabel 4.17)

z = Faktor yang bergantung letak geografis

g = Percepatan grafitasi bumi (981 cm/dtk²)

Diketahui :

- $n = 1,56$ (jenis *aluvium*)
 $m = 0,89$ (jenis *aluvium*)
 $ac = 85 \text{ cm/dtk}^2$ (periode ulang 100 tahun)
 $z = 1,56$ (Kabupaten Lima Puluh Kota)
 $g = 981 \text{ cm/dtk}^2$

Maka :

$$ad = n * (ac * z)^m E = ad/g$$

$$1,56 * (160 * 1,56)^{0,89} = 212,16/981$$

$$= 0,1$$

Untuk menghitung momen gaya gempa dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.16 Harga koefisien gempa n dan m

Jenis tanah	n	m
Batu	2,76	0,71
Diluvium	0,87	1,05
Aluvium	1,56	0,89
Aluvium lunak	0,29	1,32

Sumber : KP.02

Tabel 4.17 Perhitungan momen akibat gaya gempa

Periode ulang (n) tahun	Ac(cm / dtk ²)
20	85
100	160
500	225
1000	275

Sumber : KP.02

Tabel 4.18 Perhitungan momen akibat gaya gempa

No	G	E	K=E*G	Lengan (m)		Momen (Nm)	
				x	y	MV	MH
G1	19,80	0,10	1,98	9,05	7,80	17,92	15,44
G2	46,20	0,10	5,53	5,53	6,80	25,55	31,42
G3	2,20	0,10	0,22	9,55	3,80	2,10	0,84
G4	0,66	0,10	0,07	9,45	4,13	0,62	0,27
G5	5,50	0,10	0,55	6,50	3,55	3,58	1,95

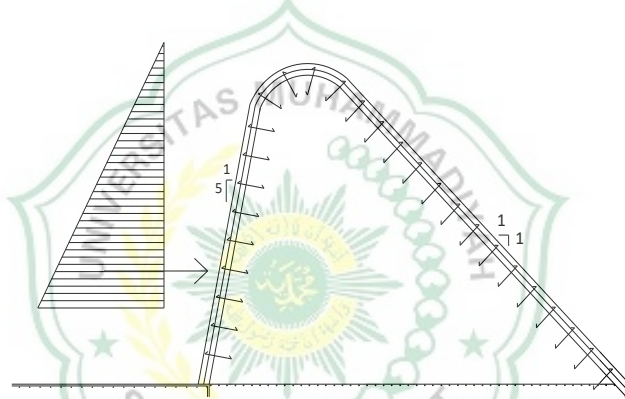
Lanjutan Tabel 4.18

G6	2,20	0,10	0,22	5,50	4,30	1,21	0,95
G7	6,60	0,10	0,66	4,50	3,30	2,97	2,18
G8	5,50	0,10	0,55	3,50	3,55	1,93	1,95
G9	17,95	0,10	1,80	2,15	2,40	3,86	4,31
G10	1,94	0,10	0,19	0,87	3,89	0,17	0,76
G11	9,84	0,10	0,98	0,65	1,72	0,64	1,69
Jumlah			11,84	57,25	45,24	60,54	61,75

Sumber : Hasil perhitungan

c. Akibat Tekanan Lumpur

Tekanan lumpur yang diperhitungkan adalah terjadinya konsentrasi lumpur pada aliran yang berada dihulu embung.



Gambar 4.5 Sket diagram akibat tekanan lumpur

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$P_s = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) \dots \dots \dots (2.27)$$

Dimana :

P_s = Gaya akibat tekanan lumpur (ton)

γ = Berat jenis lumpur (1,70 ton/m³)

h = Kedalaman lumpur diambil = tinggi mercu (6,00 m)

θ = Sudut geser dalam lumpur (30°)

$$P_s = \frac{1,7 \cdot 6}{2} \left(\frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} \right)$$

$$P_s = 10,20 \text{ ton } (\rightarrow)$$

Lengan momen = 6,8 m

Momen = 10,20 ton x 6,80 m = 69,36 ton/m

d. Gaya Akibat Tekanan Hidrostatik

Dapat dicari dengan Pers. di bawah ini :

$$p = 0,5 * \gamma_w * h^2 \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

P = Tekanan Hidrostatik (ton)

γ_w = Berat jenis air (1,00 ton/m³)

h = Tinggi air

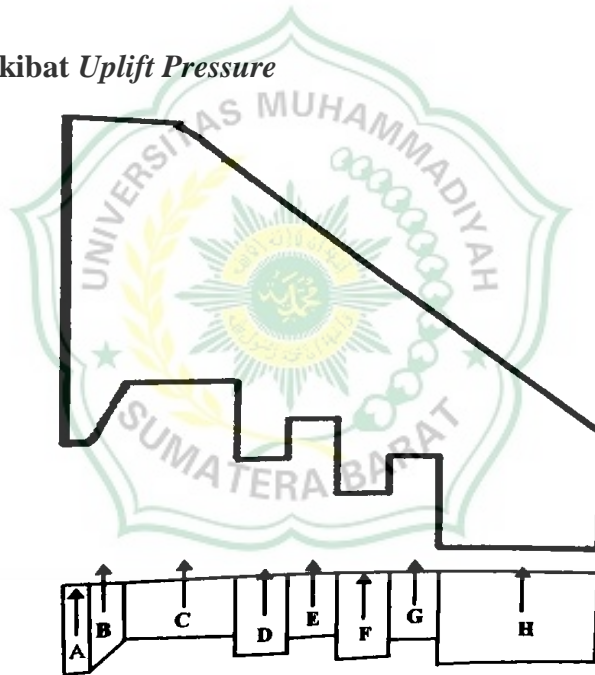
Jadi :

$$W = 0,50 * 1,00 * 6,00^2 = 18,00 \text{ ton/m}^2$$

Lengan momen = 6,8 m

Momen = 18 x 6,8 = 122,4 ton/m

e. Gaya Akibat Uplift Pressure



Gambar 4.6 Diagram akibat uplift pressure

Tabel 4.19 Perhitungan momen akibat Uplift Pressure

Titik	Perhitungan	Gaya (N)	Lengan (m)	Momen (Nm)
A	$(5,91+5,88)/2 \times 0,5$	2,19	9,55	20,91
B	$(5,88+4,12)/2 \times 0,3$	1,50	9,45	14,18
C	$(4,12+4,02)/2 \times 2,0$	8,14	8,00	65,12
D	$(5,69+5,64)/2 \times 1,0$	5,67	6,50	36,86
E	$(4,48+4,42)/2 \times 1,0$	4,45	5,50	24,48

Lanjutan Tabel 4.19

F	$(6,10+6,04)/2 \times 1,0$	6,07	4,50	27,32
G	$(4,88+4,83)/2 \times 1,0$	4,85	3,50	16,98
H	$(6,74+6,50)/2 \times 3,0$	19,86	1,60	31,78
Jumlah		52,73	48,60	237,61

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.20 Rekapitulasi gaya-gaya pada kondisi air normal

No	Gaya	Besar Gaya (N)	Momen (Nm)	Ket.
	Vertikal	V	MV	
1	Berat sendiri konstruksi	158,40	705,41	Mp
2	Tekanan uplift pressure	52,73	237,61	Mg
	Jumlah	105,67	466,80	
	Horizental	H	MH	
1	Gempa	11,84	61,75	Mg
2	Tekanan lumpur	10,20	69,36	Mg
3	Tekanan hidrostatik	3,00	20,40	Mg
	Jumlah	25,04	151,51	

Sumber : Hasil perhitungan

Jarak titik pusat gaya kondisi air normal :

$$X = \frac{\sum MV}{\sum GV} = \frac{466,80}{105,67} = 5,60 \text{ m}$$

$$X = \frac{\sum MH}{\sum GH} = \frac{151,51}{25,04} = 6,05 \text{ m}$$

f. Kontrol Stabilitas Embung Kondisi Air Normal :

1. Terhadap Guling

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini:

$$\text{Syarat : } Sf = \frac{Mp}{Mg} \geq fs = 1,50 \text{ (Kondisi air normal)} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$Sf = \frac{705,41}{389,12} \geq fs = 1,50$$

$$Sf = 1,81 > fs = 1,50 \dots\dots\dots(\text{aman})$$

Konstruksi aman terhadap guling.

2. Terhadap Geser

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini:

$$\text{Syarat : } Sf = \frac{\sum V \cdot f}{\sum H} \geq 1,50 \text{ (Kondisi air normal)} \dots\dots\dots (2.48)$$

Dimana :

f = Koefisien gesekan pasangan batu kali = 0,75

Tabel 4.21 Harga-harga perkiraan untuk koefisien gesekan

Bahan	F
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60-0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

Sumber : KP.02

$$Sf = \frac{105,67 \cdot 0,75}{25,04} \geq 1,50$$

$$Sf = 3,16 > 1,50 \dots\dots\dots(\text{aman})$$

Konstruksi aman terhadap geser

3. Terhadap Eksentrisitas

Dapat diketahui dengan Pers. dibawah ini :

$$\text{Syarat} = e = \frac{B}{2} - \frac{Mp - Mg}{\Sigma V} \leq \frac{B}{6} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$e = \frac{9,8}{2} - \frac{705,41 - 389,12}{105,67} = 0,9 \leq 1,63 \text{ m}$$

$$e = 0,90 < 1,63 \dots\dots\dots(\text{aman})$$

Konstruksi aman terhadap eksentrisitas

4. Terhadap Daya Dukung Tanah

Dapat diketahui dengan Pers. dibawah ini :

$$\sigma_{1.2} = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots(2.51)$$

$$\sigma_{1.2} = \frac{105,67}{9,8} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,90}{9,8} \right)$$

$$\sigma_1 = 10,78(1 + 0,55) = 16,71 \text{ t/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 10,71(1 - 0,55) = 10,33 \text{ t/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$$

4.4.2 Peninjauan Stabilitas Embung Kondisi Air Banjir

Tabel 4.22 Hasil perhitungan akibat berat sendiri

Besar gaya (N)	Momen (Nm)
158,40	705,41

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.23 Hasil perhitungan akibat gaya gempa

Besar gaya (N)	Momen (Nm)
11,84	61,75

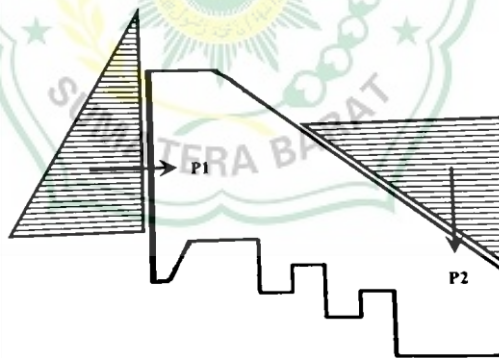
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.24 Hasil perhitungan akibat tekanan lumpur

Besar gaya (N)	Momen (Nm)
10,20	69,36

Sumber : Hasil perhitungan

a. Tekanan Hidrostatik



Gambar 4.7 Diagram tekanan hidrostatik air banjir

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$P = 0,5 * \gamma_w * h^2 \dots\dots\dots (2.33)$$

Tabel 4.25 Perhitungan momen akibat tekanan hidrostatik

Titik	Perhitungan	Gaya (N)	Lengan (m)	Momen (Nm)
P1	$0,5 * 1 * 8,78^2$	38,54	7,73	297,95
P2	$0,5 * 1 * 2,26^2$	2,55	1,20	3,06
Jumlah		41,09	8,93	301,01

Sumber : Hasil perhitungan

b. Uplift Pressure

Tabel 4.26 Perhitungan momen akibat *uplift pressure*

Titik	Perhitungan	Gaya (N)	Lengan (m)	Momen (Nm)
A	(8,53+8,50)/2 x 0,5	4,26	9,55	40,68
B	(8,50+6,73)/2 x 0,3	2,28	9,45	21,55
C	(6,73+6,61)/2 x 2,0	13,34	8,00	106,72
D	(8,26+8,21)/2 x 1,0	8,23	6,50	53,50
E	(7,03+6,97)/2 x 1,0	7,00	5,50	38,50
F	(8,62+8,57)/2 x 1,0	8,59	4,50	38,66
G	(7,39+7,33)/2 x 1,0	7,36	3,50	25,76
H	(9,22+8,40)/2 x 3,0	26,43	1,60	42,29
		61,49	48,60	227,65

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.27 Rekapitulasi gaya-gaya kondisi air banjir

No	Jenis gaya	Besar gaya (N)	Momen (Nm)	Ket
	Vertikal	V	MV	
1	Berat sendiri konstruksi	158,40	705,41	Mp
2	Tekanan uplift pressure	61,49	227,65	Mg
3	Tekanan hidrostatis	2,55	3,06	Mp
	Jumlah	99,46	480,82	
	Horizontal	H	MH	
1	Gempa	45,24	61,75	Mg
2	Tekanan lumpur	10,20	69,36	Mg
3	Tekanan hidrostatis	38,54	297,95	Mg
	Jumlah	93,98	429,06	

Sumber : Hasil perhitungan

Jarak titik pusat gaya air banjir :

$$x = \frac{\sum MV}{\sum V} = \frac{480,82}{99,46} = 4,83 \text{ m}$$

$$x = \frac{\sum MH}{\sum H} = \frac{429,06}{93,98} = 4,57 \text{ m}$$

c. Kontrol Stabilitas Embung Kondisi Muka Air Banjir

1. Terhadap Guling

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$\text{Syarat : } Sf = \frac{Mp}{Mg} \geq 1,20 \text{ (Kondisi air banjir) (2.48)}$$

$$Sf = \frac{708,47}{656,71} = 1,23 > 1,20 \text{(aman)}$$

2. Terhadap Geser

Dapat diketahui dengan pers. di bawah ini :

$$\text{Syarat : } Sf = \frac{\Sigma V \cdot f}{\Sigma H} \geq 1,20 \text{ (Kondisi air banjir).....(2.49)}$$

Dimana:

f = Koefisien gesekan pasangan batu kali = 0,75

$$Sf = \frac{99,46 \cdot 0,75}{93,98} \geq 1,20$$

$$Sf = 2,11 > 1,20 \text{.....(aman)}$$

Konstruksi aman terhadap geser

3. Terhadap Eksentrisitas

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$\text{Syarat } = e = \frac{B}{2} - \frac{Mp - Mg}{\Sigma V} \leq \frac{B}{6} \text{.....(2.36)}$$

$$e = \frac{9,8}{2} - \frac{708,47 - 656,71}{99,46} = 0,89 \leq 1,63 \text{ m}$$

$$e = 0,89 < 1,63 \text{.....(aman)}$$

4. Terhadap Daya Dukung Tanah

Dapat diketahui dengan Pers. di bawah ini :

$$\sigma_{1.2} = \frac{V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \text{.....(2.37)}$$

$$\sigma_{1.2} = \frac{99,46}{9,8} \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,89}{9,8} \right)$$

$$\sigma_1 = 10,15(1 + 0,54) = 16,71 \text{ ton/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 10,15(1 - 0,54) = 10,33 \text{ ton/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada akhir dari tulisan ini penulis dapat mengambil kesimpulan terhadap hal-hal yang telah diuraikan pada bab-bab terdahulu sebagai berikut :

1. Perhitungan curah hujan rencana dipakai metode Haspers, Gumbel, dan Log Pearson tipe III , dari ketiga metode tersebut diambil nilai rata-ratanya.
2. Perhitungan debit banjir rencana dipakai metode Haspers dan Rasional, dari kedua hasil hitungan diambil nilai yang terbesar yang hasilnya $(Q_{50}) = 277,2 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
3. Stabilitas Embung dikontrol terhadap :
 - Guling $= 1,23 > 1,20$
 - Geser $= 2,11 > 1,20$
 - Eksentrisitas $= 0,89 < 1,63$
 - daya dukung tanah $\sigma_1 = 16,71 \text{ ton/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$
 $\sigma_2 = 10,33 \text{ ton/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$
4. Dari perhitungan hidrolis embung didapat dimensi adalah :
 - Lebar efektif embung $= 52,48 \text{ m}$
 - Tinggi mercu $= 6,00 \text{ m}$
 - Lebar pilar $= 0,80 \text{ (2 buah)}$
 - Lebar pintu penguras $= 1,50 \text{ m}$
 - Lebar pintu Intake $= 1,54 \text{ m}$
 - Tipe mercu $= \text{Mercu bulat dengan dua jari-jari}$
 - Tipe kolam olak $= \text{USBR tipe III}$

Sedangkan hasil perencanaan Embung Batang Singon oleh PT.Yasa Kreasindo Cemerlang , yang telah terlaksana adalah uraiannya sebagai berikut :

- Debit banjir rencana $(Q_{100}) = 409,33 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Lebar efektif embung $= 54,00 \text{ m}$
- Tinggi mercu $= 5,5 \text{ m}$
- Tinggi jagaan $= 1,5 \text{ m}$

- Lebar pilar = 0,80 (2 bh)
- Lebar pintu penguras = 1,50 m
- Tipe mercu = Mercu bulat dengan dua jari-jari
- Tipe kolam olak = USBR tipe III

Dari hasil perhitungan penulis dengan hasil yang terlaksana dapat dibandingkan antaranya terdapat perbedaan dimensi dari beberapa bagian embung yang disebabkan oleh perbedaan metode yang digunakan, hasil perhitungan debit banjir rencana penulis memakai Q_{50} , sedangkan yang terlaksana oleh konsultan perencana menggunakan Q_{100} . Hal tersebut mengakibatkan perbedaan perhitungan, sehingga terdapat perbedaan hasil perencanaan.

Jadi hasil perencanaan Embung Batang Singon, Kecamatan Bukit Barisan, Kabupaten Lima Puluh Kota, yang telah terlaksana, dari tinjauan penulis telah memenuhi syarat.

5.2 Saran-Saran

Dalam perencanaan suatu konstruksi Embung, sangat dibutuhkan sekali survey, investigasi dan pengumpulan data-data yang akurat, karena merupakan bagian pokok/dasar yang sangat menentukan umur bangunan dan fungsinya. Bagi yang membaca tugas akhir ini, saya sarankan untuk memberi masukan yang bersifat positif dan yang bersifat membangun untuk masa depan yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

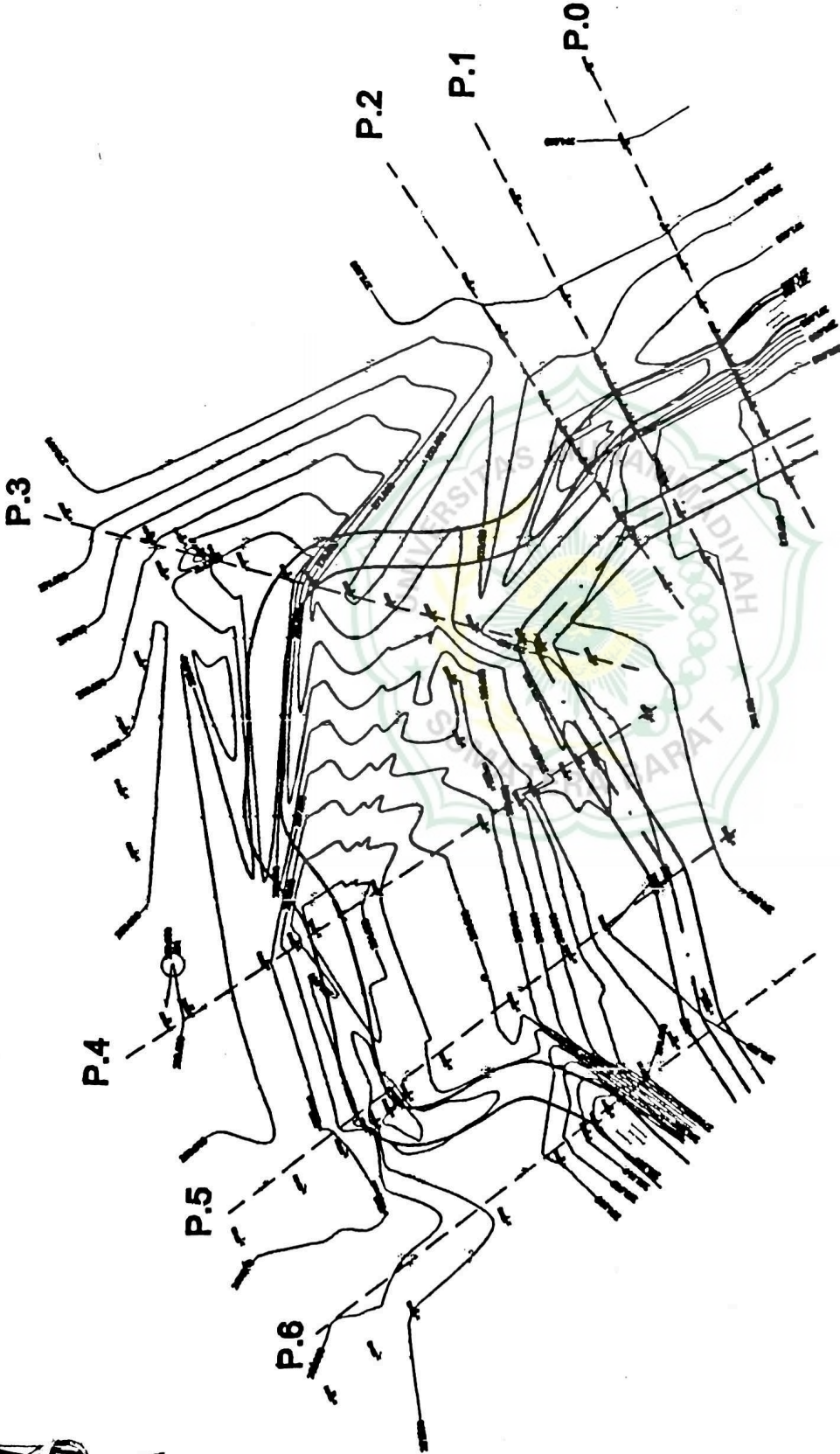
- Amril, Siregar Ma'ruf, R.A Bustomi Rusadi, Arifaini, Nur. 2011. Maksimalisasi Desain Embung Sebagai Sumber Air Irigasi Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Tanaman Tebu. Jurnal Rekayasa, Vol.15, 1-12
- Anonim. 1986. Standar Perencanaan Irigasi KP-01. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1986. Standar Perencanaan Irigasi KP-02. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Kamiana, I Made. 2010. Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kasiro, Ibnu, dkk.1997.Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Raka Setyanto, Noegroho Djarwanti, dan A.P. Rahmadi. 2014. Analisa Struktur Bendungan (Studi Kasus Konstruksi Embung Gamang). e-jurnalMatriks TEKNIK SIPIL, 657-664
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid I. Bandung : Nova.
- Soewarno. 2014. Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Hidrologi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sosrodarsono, Suyono & Kensaku Takeda. 1977. Bendungan Type Urugan. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Sosrodarsono, Suyono & Kazuto Nakazawa. 2000. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Triatmodjo, Bambang. 2013. Hidrologi Terapan. Yogyakarta : Beta Offset.



11

LEGENDA / LEGEND

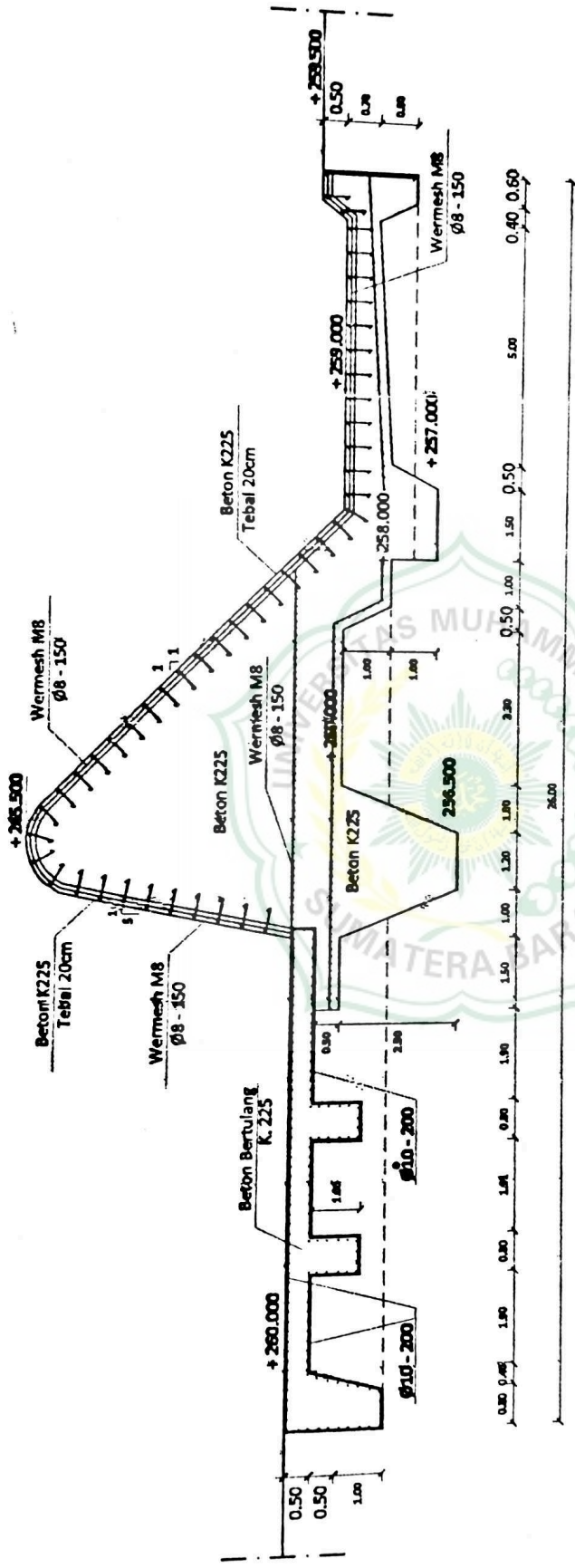
- JUNCTION
- DRAINAGE DITCH
- TREE
- WATER BODY
- CONTOUR LINE
- SPOT HEIGHT
- SPOT HEIGHT (ELEVATION)
- SPOT HEIGHT (ELEVATION) ON CONTOUR
- SPOT HEIGHT (ELEVATION) ON CONTOUR AND ROAD
- SPOT HEIGHT (ELEVATION) ON CONTOUR AND ROAD AND BUILDING
- SPOT HEIGHT (ELEVATION) ON CONTOUR AND ROAD AND BUILDING AND TREE



GAMBAR SITUASI EMBUNG

UNIVERSITAS PADJARAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN	
PROGRAM STUDI TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN	
Mata Kuliah : SITUASI BANGUNAN	
No. Urut : 1	
Nama : ...	
NPM : ...	
Tanggal Pengambilan : ...	

No.	Tgl.	Yang Diperoleh	Oleh	Diketahui

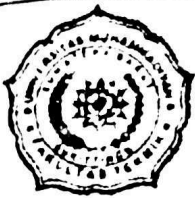


DETAIL PERULANGAN SPILLWAY DAN LANTAI
Skala 1:100

SKALA 1:100
0 0.25 0.50 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00 2.25 2.50 2.75 3.00 3.25 3.50 3.75 4.00 4.25 4.50 4.75 5.00 5.25 5.50

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN LABORATORIUM PERENCANAAN DAN KALKULASI STRUKTURAL	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN LABORATORIUM PERENCANAAN DAN KALKULASI STRUKTURAL
	PERENCANAAN STRUKTURAL BANGUNAN BERTUMBUHAN	PERENCANAAN STRUKTURAL BANGUNAN BERTUMBUHAN
NAMA DOSEN : DR. H. ...	NAMA DOSEN : DR. H. ...	NAMA DOSEN : DR. H. ...
NAMA MURID : ...	NAMA MURID : ...	NAMA MURID : ...
NO. URUT : ...	NO. URUT : ...	NO. URUT : ...

No.	Dgn.	Yang Diarsif	Orsk	Dm	Dm	Dm



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
 FAKULTAS TEKNIK PRODI SIPIL
 Jl. Bv Pas No 1 Aur Kuning Bukittinggi



KARTU ASISTENSI

Pembimbing I
 Pembimbing II
 Judul

: Ir. Surya Elca Pratiwi, ST, MT

: Febrimen Herista, ST, MT

: ...

: ...

Nama :

NIM :

2021

...

...

...

No.	TANGGAL	KETERANGAN / SARAN	PARAF
	19-08-2021	- ACC Sidang Akhir	B

Bukittinggi, 2021

Ka. Prodi Sipil FT-UMSB
 Ketua / Koordinator

PEMBIMBING II

DEDY KURNIAWAN, ST, MT
 NIDN : 1022018303

FEBRIMEN HERISTA, ST, MT
 NIDN : 1001026901



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi. (26131) Telp. (0752) 625737. Hp 082384929103
Website: www.fakultas.teknik.umh.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 29 Agustus 2021

Nama : Rezki Kurnia
NIM : 171000222201073
Judul Skripsi : Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon Kabupaten Lima Puluh Kota
Catatan Perbaikan :

- perbaikan: Abstrak.

ACC 11/10/2021

7/9

Penguji,

Deddy Kurniawan, S.T., M.T.
NIDN. 1022018303



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi. (26131) Telp. (0752) 625737. Hp 082384929103
Website: www.umh.ac.id Email: fakultas@umh.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI

Tanggal Ujian: 29 Agustus 2021

Nama : Rezki Kurnia
NIM : 171000222201073
Judul Skripsi : Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon Kabupaten Lima Puluh Kota
Catatan Perbaikan :

ACC jilid
Ub [Signature]
06/09/21

Ketua Penguji,

Ub [Signature]

Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP
NIDN. 1016026603

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi. (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103
Website: www.um-sb.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI
Tanggal Ujian: 29 Agustus 2021

Nama : **Rezki Kurnia**
NIM : 171000222201073
Judul Skripsi : **Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon Kabupaten Lima Puluh Kota**
Catatan Perbaikan : *- Cek lagi penulisan skripsinya.*

ACC jilid
Ob Herista
06/09/21.

Sekretaris/Penguji,



Febrimen Herista, S.T., M.T.
NIDN. 1001026901



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi. (26131) Telp. (0752) 625737. Hp 082384929103
Website: www.um-sb.ac.id

REVISI SIDANG SKRIPSI Tanggal Ujian: 29 Agustus 2021

Nama : Rezki Kurnia
NIM : 171000222201073
Judul Skripsi : Tinjauan Perencanaan Embung Batang Singon Kabupaten Lima Puluh Kota

Catatan Perbaikan :
- Tabel 4.15 Perhitungan /satua
dicetak lg.

1-21
10
Asce Jilid
[Handwritten signature]

Penguji,
[Handwritten signature]
Ishak, S.T., M.T.
NIDN. 1010047301



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
FAKULTAS TEKNIK PRODI SIPIL
Jl. By Pas No 1 Aur kuning Bukittinggi



KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Pembimbing I
Pembimbing II
Judul

: Ir. Surya Eka Priana, ST, MT Nama : REZKI KURNIA
: Fabrimen Herista, ST, MT NIM : 17.10.002.22201.073
: Tinjauan Perencanaan Embung Bawang Singen
Kabupaten Lima Puluh Kota

No.	TANGGAL	KETERANGAN / SARAN	PARAF
	9/6/21	* Perbaiki yg terkosok. * Lanjutkan BAB II.	
	26/6/21	* Perbaiki yg terkosok. * Sumber gambar agar di lengkapi. * Penulisan harus ikuti Pedoman yg ada. * Lanjut BAB III.	
	08/7/21	* Perbaiki yg terkosok. * ACC Seminar Hasil.	

Bukittinggi, 18 Juli 2021

PEMBIMBING I

Ka. Prodi Sipil FT-UMSB
Ketua / Koordinator

Ir. SURYA EKA PRIANA, ST, MT
NIDN: 1016026603

DEDY KURNIAWAN, ST, MT
NIDN: 1022018303



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
 FAKULTAS TEKNIK PRODI SIPIL
 Jl. By Pas No 1 Aur kuning Bukittinggi



KARTU ASISTENSI SKRIPSI

Pembimbing I :
 Pembimbing II :
 Judul :
 Nama :
 NIM :

No.	TANGGAL	KETERANGAN / SARAN	PARAF
	28/ 21/8/21	ACC Sidang Akhir	

Bukittinggi, 2021

Ka.Prodi Sipil FT-UMSB
 Ketua / Koordinator

PEMBIMBING I

DEDY KURNIAWAN,ST,MT
 NIDN: 1022018303

Ir. SURYA EKA PRIANA,ST,MT
 NIDN:1016026603