

**PERENCANAAN EMBUNG DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 7 UNIT
USAHA BUNGA MAYANG, KABUPATEN LAMPUNG UTARA**

Skripsi

Oleh:

ZAINA KHOERUNNISA NURUL FATH



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2017

ABSTRAK

PERENCANAAN EMBUNG DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 7 UNIT USAHA BUNGA MAYANG, KABUPATEN LAMPUNG UTARA

Oleh

Zaina Khoerunnisa Nurul Fath

Dalam rangka peningkatan produktivitas kebun tebu di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara, dilakukan revitalisasi puluhan embung untuk memenuhi kebutuhan air irigasi tanaman tebu.

Perhitungan – perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan embung ini meliputi analisa kapasitas tampungan menggunakan lengkung kapasitas, perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode Log Pearson Tipe III, debit rencana menggunakan metode Rasional, analisa *spillway*, analisa tubuh embung, serta analisa kestabilan tubuh embung terhadap longsor.

Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh kapasitas tampungan sebesar 37224,24 m³, curah hujan rencana periode ulang 25 tahun sebesar 121,2384 mm, debit rencana periode ulang 25 tahun sebesar 1,89 m³/detik, mercu *spillway* menggunakan mercu Ogee Tipe I dengan elevasi mercu pada +42,5 dan elevasi muka air banjir pada +42,70. Tubuh bendungan menggunakan urugan tanah dengan kemiringan hulu 1 : 3 dan hilir tubuh embung adalah 1 : 2,25, elevasi puncak berada pada +44,0 dan elevasi dasar berada pada + 36,0. Tinggi jagaan tubuh embung dipakai sebesar 1,50 meter. Tubuh embung dan *spillway* dinyatakan aman terhadap gaya – gaya yang terjadi.

Kata kunci : embung, perencanaan, Bunga Mayang

**PERENCANAAN EMBUNG DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 7 UNIT
USAHA BUNGA MAYANG, KABUPATEN LAMPUNG UTARA**

Oleh

ZAINA KHOERUNNISA NURUL FATH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **PERENCANAAN EMBUNG DI PT.
PERKEBUNAN NUSANTARA 7 UNIT USAHA
BUNGA MAYANG, KABUPATEN LAMPUNG
UTARA**

Nama Mahasiswa : **Zaina Khoerunnisa Nurul Fath**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215011118

Program Studi : Teknik Sipil

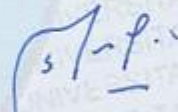
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006



Ir. Margaretta Welly, M.T.
NIP 19550402 199003 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil



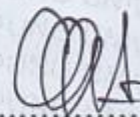
Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

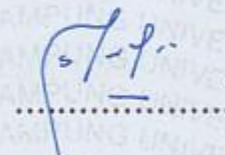
Ketua

: **Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.**



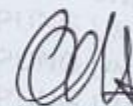
Sekretaris

: **Ir. Margaretta Welly, M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : ^{a.n.} **Ir. Geleng Perangin Angin, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 November 2017**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 2017



Zaina Khoerunnisa Nurul Fath

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 17 November 1994, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan bernama Bapak Iwan Agus Kusmarno dan Ibu Fatmawati.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Al Hikmah Garut diselesaikan pada tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN Tarogong 2 (Gentra Maksekdas) pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Garut pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Garut pada tahun 2012.

Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Mekanika Tanah I dan II, dan menjadi asisten dosen Analisa Struktur I dan II. Penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Unila, penulis juga pernah menjabat sebagai sekretaris dinas internal dan advokasi BEM Fakultas Teknik pada tahun 2014-2015, serta pernah menjabat sebagai sekretaris umum UKM-U Sains dan Teknologi pada periode 2015-2016. Pada tahun 2015, penulis melakukan Kerja Praktik di Proyek Perluasan Terminal 3 *Ultimate* Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

MOTTO

“Ridhollah fi ridhol walidain wa sukhtullah fi sukhtil walidain”

Ridho Allah terletak pada ridho orangtua, dan laknat Allah terletak pada laknat orangtua

- HR, Al – Bukhori -

“Laa Tahzan, Man Jadda Wa Jadda”

Janganlah bersedih, barang siapa bersungguh-sungguh pasti akan berhasil.

Manusia itu berjalan menuju takdirnya. Namun Allah telah berjanji pada Q.S. Ar-Ra'd ayat 11, “Allah SWT tidak akan mengubah nasib suatu kaum sebelum kaum itu sendiri mengubah apa apa yang ada pada dirinya.”

Maka, jangan pernah menyerah pada mimpi-mimpimu yang ditertawakan orang lain.

- Zaina Khoerunnisa Nurul Fath -

*Ya Allah,
Aku berjalan di jalan hidup yang sudah Kau takdirkan untukku. Sedih juga sekaligus bahagia. Karena dalam beratnya perjalananku, Kau pertemukan aku dengan orang-orang yang mengajarkanku akan banyak hal, dan mereka adalah warna-warna yang berderang juga kelam dalam hidupku.
Kubersujud dihadapan Mu, Ya Rabb
Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai...
Sampai di penghujung awal perjuanganku.
Segala Puji bagi Mu Ya Allah...*

Alhamdulillah.. Alhamdulillah.. Alhamdulillahirobbil'amin..

Puji dan syukurku kusembahkan kepadaMu Ya Allah, yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah Kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga akhir ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Lantunan doa beriring shalawat dalam silahku merintih, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira. Terima kasihku untukmu, kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Ayahanda dan Ibundaku tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang begitu luar biasa hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada didepanku. Mih, Pih... terimalah bukti kecil ini sebagai tanda keseriusanku untuk setidaknya berusaha membalas semua pengorbananmu. Dalam hidupmu, demi hidupku, kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan walau dengan air mata, dalam lapar berjuang separuh nyawa hingga segalanya. Maafkan anakmu ini, masih saja ananda menyusahkanmu.

Dalam silah di lima waktu mulai fajar terbit hingga terbenam. Seraya tanganku menadah "... ya Allah ya Rahman ya Rahim... Terima kasih telah kau tempatkan aku di antara kedua malaikatMu yang setiap waktu ikhlas menjagaku, mendidikku, membimbingku dengan sangat baik. Ya Allah, berikanlah balasan setimpal Syurga Firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka nanti dari panasnya sengat hawa api neraka.

***Untukmu, Bapak (JWAN AGUS KUSMARN0) dan Mamah (FATMAWATJ)
Terimakasih banyak atas segalanya...***

Harapan dan impian yang tertuju padaku, meski belum semua mampu kuraih Insya Allah atas dukungan doa dan restu semua mimpi itu kan kujawab di masa penuh kehangatan nanti. Untuk itu kupersembahkan ungkapan terimakasihku kepada:

Kepada kakakku (Muhammad Reza Ilhamsyah) dan adikku (Muhammad Syariful Ihsan). "Aku yang paling aneh ini sudah jadi sarjana.. [(^,^)> Terima kasih atas segala dukungan semangat dan doanya. Terima kasih sudah menjaga mamah dan bapak disaat aku tak mampu karena jarak yang melumpuhkanku. A, dek, aku tahu kalian lebih mampu dibandingkan diriku, kalian lah 2/3 bagian dari diriku. Aku tak akan pernah menjadi orang lain bagi kalian, aku akan menyayangi kalian seperti waktu ku kecil, seperti A Eza yang selalu mengalah dan memberikan semua jatah jajannya hanya untuk membuat ku dan adek senang. Dan seperti ku menjaga dan membelamu dek disaat seseorang mengganggu. Dan seperti dirimu dek, yang mampu mengingatkan kakak-kakakmu tentang cinta kepada Allah SWT dan bakti pada orangtua.

... I love you"...

*"Hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Allah SWT dan orang lain.
Tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah selain bersama sahabat-sahabat terbaik."*

Terima kasih kuucapkan kepada kawan sejawat saudara seperjuangan SIPIL 12'

"Aku telah menghabiskan waktu yang begitu lama, untuk dapat bersama kalian. Namun setelah itu, kenapa harus sesingkat ini kita mampu melangkahkan kaki bersama dalam satu almamater. Kalian lah salah satu alasanku menangis saat ku dinyatakan lulus dengan gelar sarjana. Aku sangat bersyukur, karena takdir telah membawaku bersama kalian. Rahmi Diah Adithya (Ami), Setiana (Ana), Fitriya Rahmawati (Arra), Wardatul Aini Putri (Aini), dan Mutya Nivitha (Uu), terima kasih atas segala waktu, bantuan, dan tawa yang telah kalian bagi untukku. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan Jannah.

Untuk teman-teman yang lain dan teman-teman KKN Desa Sidoharjo, Penawartama tahun 2016, terima kasih untuk warna dan rasa yang telah kalian berikan pada hidupku. Semoga kalian selalu dalam lindungan dan kasih sayang Allah SWT. Aamiin ya robbal'amin..."

*Kalian semua bukan hanya menjadi teman yang baik,
kalian adalah saudara bagiku.*

Dan untuk seseorang, yang telah membuatku memproduksi banyak air mata namun juga tawa. Terima kasihku untuk Kakang Putra yang sudah menjadi kakak yang menyebalkan, boss yang bossy, dan sahabat hidup yang baik namun pendengar yang buruk. Terima kasih telah menyelamatkanku dari kejamnya duniaku, sehingga aku mampu berdiri dengan wajah tak tertunduk lagi. Semoga Allah SWT memberikan takdir yang terbaik untuk kita. Jangan malas dan cepatlah lulus!

Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang akan dikejar, untuk sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna.

Aku tak akan menyerah pada kegagalan.

Aku tak akan berhenti hanya karena luka.

Jatuh berdiri lagi. Kalah mencoba lagi. Gagal bangkit lagi.

Never give up!

Sampai Allah SWT berkata "waktunya pulang"

Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat kupersembahkan kepada kalian semua. Terima kasih beribu terima kasih kuucapkan.

Atas segala kekhilafan salah dan kekuranganku,

kurendahkan hati serta diri menjabat tangan meminta beribu-ribu kata maaf.

*Skripsi ini kupersembahkan. –by **Nisa**.*

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul ” *Perencanaan Embung Di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung dan juga selaku Dosen Pembimbing Utama skripsi, atas kesediaan waktunya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
3. Ibu Ir. Margareta Welly selaku Pembimbing Kedua atas kesediaan waktunya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;

4. Bapak Ir. Geleng Perangin Angin, M.T., selaku Dosen Penguji Utama pada ujian skripsi. Terima kasih atas saran dan kritik yang membangun;
5. Bapak dan Ibu seluruh staf Fakultas Teknik Universitas Lampung;
6. Keluargaku, Mamah, Bapak, A Eza, dan Adek Aip yang telah memberikan dorongan materil dan spiritual yang luar biasa dalam menyelesaikan skripsi ini;
7. Arief Rachmat Dwi Putra yang telah menemani dan banyak membantu dalam segala proses selama menjadi mahasiswa;
8. Rahmi Diah Adhitya, Fitriya Rahmawati, Setiana, Wardatul Aini Putri, Mutia Nivitha, Yogi Aleander dan teman-teman 2012 terima kasih atas segala bantuan dan kebersamaan kalian;
9. Teman-teman KKN yang selalu memberikan semangat walaupun sulit sekali untuk bertatap muka, Pau, Salsa, Nuy, Dewi, Ria, dan Nandia.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 2017

Penulis

Zaina Khoerunnisa Nurul Fath

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSEMBAHAN	i
SANWACANA	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
DAFTAR GRAFIK	xviii
I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Lokasi Penelitian.....	2
I.5. Maksud dan Tujuan.....	3
I.6. Manfaat Penelitian.....	3
I.7. Sistematika Penulisan.....	3
II. STUDI PUSTAKA	
II.1. Tinjauan Umum	6
II.2. Analisis Hidrologi.....	6
II.2.1. Penentuan Curah Hujan Kawasan.....	7

II.2.1.1 Metode Rerata Aritmatik.....	7
II.2.1.2 Metode <i>Polygon Theissen</i>	8
II.2.1.3 Metode <i>Isohyet</i>	9
II.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rencana	11
II.2.2.1 Distribusi Normal.....	11
II.2.2.2 Distribusi Logormal	11
II.2.2.3 Distribusi Gumbel.....	12
II.2.2.4 Distribusi Log Pearson III.....	13
II.2.3. Uji Keselarasan	15
II.2.3.1 Uji Chi-Kuadrat.....	15
II.2.3.2 Uji <i>Smirnov Kolmogrov</i>	16
II.2.4. Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	16
II.2.4.1 Menurut <i>Dr. Mononobe</i>	17
II.2.4.2 Menurut <i>Sherman</i>	17
II.2.4.3 Menurut <i>Talbot</i>	18
II.2.4.4 Menurut <i>Ishiguro</i>	18
II.2.5. Perhitungan Debit Banjir.....	19
II.2.5.1 Rumus Rasional	19
II.2.6. Perhitungan Debit Andalan.....	21
II.3. Teori Perencanaan Embung dan Bangunan Pelengkapanya.....	21
II.3.1. Embung	21
II.3.1.1 Tipe Embung.....	21
II.3.2. Pemilihan Lokasi dan Tipe Embung	24
II.3.3. Perencanaan Pondasi	25

II.3.4. Perencanaan Tubuh Embung.....	26
II.3.4.1 Tinggi Embung	26
II.3.4.2 Tinggi Jagaan (<i>Free Board</i>).....	27
II.3.4.3 Lebar Mercu Embung	30
II.3.4.4 Panjang Embung	31
II.3.4.5 Volume Embung	31
II.3.4.6 Kemiringan Lereng	32
II.3.4.7 Timbunan Ekstra (<i>Free Banking</i>)	33
II.3.5. Stabilitas Embung	38
II.3.5.1 Beban Yang Bekerja pada Embung	33
II.3.5.2 Stabilitas Embung Urugan Menggunakan Metode Irisan Bidang Luncur.....	38
II.3.5.3 Stabilitas Embung Terhadap Filtrasi.....	42
II.3.5.4 Gejala Sufosi (piping) dan Sembulan (<i>boiling</i>)	45
II.3.6. Rencana Teknis Bangunan Pelimpah.....	45
II.3.6.1 Saluran Pengarah dan Pengatur.....	46
II.3.6.2 Saluran Peluncur	49
II.3.6.3 Peredam Energi	49

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tinjauan Umum	55
III.2. Data Primer dan Sekunder	55
III.3. Metodologi Perencanaan Embung	57
III.4. Bagan Alir Tugas Akhir.....	58

IV. ANALISIS HIDROLOGI

IV.1	Tinjauan Umum.....	61
IV.2	Analisis Hidrologi.....	62
IV.3	Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS).....	62
IV.4	Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	63
IV.4.1	Pengukuran Dispersi	63
IV.5	Pemilihan Jenis Sebaran.....	65
IV.6	Uji Kecocokan Sebaran.....	65
IV.6.1	Uji Sebaran Chi-Kuadrat (Chi-Square Test).....	65
IV.6.2	Uji Sebaran <i>Smirnov-Kolmogorov</i>	67
IV.7	Perhitungan Curah Hujan Metode Terpilih (Metode Sebaran Log Pearson III).....	68
IV.8	Intensitas Curah Hujan	68
IV.9	Debit Rencana	69
IV.10	Debit Andalan	70
IV.10.1	Data Curah Hujan.....	70
IV.10.2	Evapotranspirasi.....	71
IV.10.3	Keseimbangan Air pada Permukaan Tanah	72
IV.10.4	Limpasan (<i>Run Off</i>) dan Tampungan Air Tanah (<i>Ground Water Storage</i>)	72
IV.10.5	Aliran Sungai	73
IV.11	Analisis Hubungan Elevasi dengan Volume Embung	79

V. PERENCANAAN KONSTRUKSI

V.1.	Penentuan Tinggi Jagaan (<i>Free Board</i>)	81
------	---	----

V.1.1.	Tinggi Kenaikan Permukaan Air yang Disebabkan oleh Banjir Abnormal (h)	82
V.1.2.	Tinggi Ombak yang Disebabkan Oleh Angin (h_w)	83
V.1.3.	Tinggi Ombak yang Disebabkan oleh Gempa (h_e).....	86
V.1.4.	Angka Tambahan Tinggi Jagaan.....	87
V.2.	Tinggi Embung.....	88
V.3.	Lebar Mercu Embung.....	89
V.4.	Kemiringan Lereng	90
V.5.	Panjang Dasar Embung	91
V.6.	Penimbunan Ekstra.....	92
V.7.	Bangunan Pelimpah (<i>Spillway</i>)	93
V.7.1	Data Teknis Perencana	93
V.7.2	Tinggi Air di atas Mercu Pelimpah	94
V.7.3	Kedalaman Saluran Pengarah.....	94
V.7.4	Kedalaman Kecepatan Aliran.....	95
V.7.5	Penampang Mercu Pelimpah.....	96
V.7.6	Analisis Hidrolis Mercu Embung	98
V.7.7	Analisis Hidrolis Saluran Transisi.....	100
V.7.8	Analisis Hidrolis Saluran Peluncur	103
V.7.9	Kolam Olak	109
V.7.10	Tinggi Jagaan Bangunan Pelimpah	116
V.8.	Analisis Stabilitas Embung	117
V.8.1.	Stabilitas Embung Terhadap Aliran Filtrasi	117
V.8.2.	Stabilitas Embung Terhadap Longsor	125

V.9.	Analisis Stabilitas Pelimpah.....	134
V.9.1.	Stabilitas Bangunan Pelimpah pada Kondisi Air Normal .	134
V.9.1.1.	Perhitungan Gaya yang Bekerja pada Pelimpah .	134
V.9.1.2.	Perhitungan Stabilitas untuk Kondisi Air Normal.....	140
V.9.2.	Stabilitas Bangunan Pelimpah pada Kondisi Air Banjir ...	142
V.9.2.1.	Perhitungan Gaya yang Bekerja pada Pelimpah .	142
V.9.2.2.	Perhitungan Stabilitas untuk Kondisi Air Banjir.....	150
 VI. RENCANA ANGGARAN BIAYA		
VI.1.	Volume Pekerjaan	154
VI.2.	Rencana Anggaran Biaya.....	155
VI.2.1	Analisa Harga Satuan Pekerjaan	156
VI.2.2	Rencana Anggaran Biaya	162
 VII. PENUTUP		
VII.1.	Kesimpulan.....	165
VII.2.	Saran.....	166
 DAFTAR PUSTAKA		
 LAMPIRAN A		
 LAMPIRAN B		

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Harga k untuk Distribusi Log Pearson III.....	14
Tabel 2.	Nilai Δ ^k untuk Distribusi <i>Smirnov</i> -Kolmogorov.....	16
Tabel 3.	Koefisien Aliran.....	20
Tabel 4.	Angka Standar Tinggi Jagaan.....	29
Tabel 5.	Kemiringan Lereng.....	32
Tabel 6.	Gempa Bumi dan Percepatan Horizontal.....	37
Tabel 7.	Persyaratan Metode Sebaran.....	64
Tabel 8.	Perhitungan Distribusi Curah Hujan (Statistik).....	64
Tabel 9.	Hasil Perhitungan Nilai f^2	66
Tabel 10.	<i>Smirnov</i> - <i>Kolmogorov</i>	67
Tabel 11.	Perhitungan curah hujan rencana dengan metode sebaran Log Pearson III.....	68
Tabel 12.	Intensitas Curah Hujan.....	69
Tabel 13.	Debit Rencana.....	70
Tabel 14.	Curah Hujan Rata-rata Bulanan Stasiun Kotabumi.....	71
Tabel 15.	Kelembaban Rata-rata.....	74
Tabel 16.	Suhu (□C) Udara Rata- rata.....	74

Tabel 17.	Rata-rata Kecepatan Angin.....	74
Tabel 18.	Rata-rata Sinar Matahari.....	75
Tabel 19.	Evapotranspirasi Metode <i>Penman</i>	76
Tabel 20.	Debit Andalan Metode <i>F.J. Mock</i>	77
Tabel 21.	Perhitungan Hubungan Elevasi, Luas, dan Volume Daerah Genangan.....	79
Tabel 22.	Hubungan Elevasi, Luas, dan Volume Genangan.....	80
Tabel 23.	Perhitungan <i>Fetch</i> Efektif.....	84
Tabel 24.	Kemiringan Lereng.....	90
Tabel 25.	Koordinat Penampang Ambang Pelimpah.....	98
Tabel 26.	Perhitungan Nilai X dan Y.....	118
Tabel 27.	Perhitungan Nilai X dan Y.....	121
Tabel 28.	Kondisi Perencanaan Material Urugan.....	125
Tabel 29.	Perhitungan Stabilitas Embung Kondisi Embung Selesai Dibangun.....	129
Tabel 30.	Perhitungan Stabilitas Embung Kondisi Embung Penurunan Air Tiba-tiba (<i>Rapid down</i>).....	131
Tabel 31.	Perhitungan Stabilitas Embung Kondisi Embung Air Penuh .	133
Tabel 32.	Perhitungan Gaya Beban Sendiri.....	134
Tabel 33.	Perhitungan Gaya Akibat Gempa.....	136
Tabel 34.	Perhitungan Rembesan dan Tekanan Air Tanah.....	137
Tabel 35.	Perhitungan <i>Uplift Pressure</i>	137
Tabel 36.	Perhitungan Tekanan Hidrostatik Keadaan Muka Air Normal	138
Tabel 37.	Perhitungan Tekanan Tanah.....	139

Tabel 38.	Rekapitulasi Gaya pada Tubuh Pelimpah.....	140
Tabel 39.	Perhitungan Gaya Beban Sendiri.....	144
Tabel 40.	Perhitungan Gaya Akibat Gempa.....	145
Tabel 41.	Perhitungan Rembesan dan Tekanan Air Tanah.....	147
Tabel 42.	Perhitungan <i>Uplift Pressure</i>	147
Tabel 43.	Perhitungan Tekanan Hidrostatik Keadaan Muka Air Banjir..	148
Tabel 44.	Perhitungan Tekanan Tanah.....	149
Tabel 45.	Rekapitulasi Gaya pada Tubuh Pelimpah.....	150
Tabel 46.	Volume Pekerjaan.....	154
Tabel 47.	Kebutuhan Alat Berat.....	156
Tabel 48.	Daftar Harga Satuan Pekerjaan Mobilisasi dan Demolisasi....	157
Tabel 49.	Daftar Harga Satuan Pekerjaan Pembersihan Lahan.....	158
Tabel 50.	Daftar Harga Satuan Pekerjaan Pengukuran Kembali.....	158
Tabel 51.	Daftar Harga Pekerjaan Bekisting (Acuan Beton).....	159
Tabel 52.	Daftar Harga Pembetonan.....	159
Tabel 53.	Daftar Harga Pekerjaan Tanah.....	160
Tabel 54.	Daftar Harga Satuan Pekerjaan Galian Tanah Biasa.....	160
Tabel 55.	Daftar Harga Satuan Pekerjaan Urugan Tanah (dipadatkan)...	161
Tabel 56.	Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Embung di PTPN 7 Unit Usaha Bunga Mayang Rayon II Petak 61-62-63.....	162
Tabel 57.	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	164

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Poligon <i>Theissen</i>	9
Gambar 2. Metode <i>Isohyet</i>	10
Gambar 3. Tinggi Embung.....	27
Gambar 4. Tinggi Jagaan (<i>Free Board</i>).....	28
Gambar 5. Gaya Akibat Berat Beban Sendiri	34
Gambar 6. Gaya Tekanan Hidrostatik pada Bidang Luncur	35
Gambar 7. Uraian Gaya Hidrostatik yang Bekerja pada Bidang Luncur	35
Gambar 8. Cara Menentukan Harga N dan T	39
Gambar 9. Skema Perhitungan Bidang Luncur dalam Kondisi Waduk Terisi Penuh	42
Gambar 10. Garis Depresi pada Embung Homogen.....	43
Gambar 11. Garis Depresi pada Embung Homogen (sesuai dengan garis parabola yang dimodifikasi).....	44
Gambar 12. Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit pada Sebuah Pelimpah.....	47
Gambar 13. Bangunan Pelimpah.....	47
Gambar 14. Ambang Bebas	48
Gambar 15. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur...	49

Gambar 16. Kolam Olak <i>Vlugter</i>	51
Gambar 17. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe I USBR.....	51
Gambar 18. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe II USBR.....	52
Gambar 19. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe III USBR	53
Gambar 20. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe IV USBR.....	54
Gambar 21. Tinggi Jagaan (<i>Free Board</i>).....	82
Gambar 22. Pembagian Zona Gempa di Indonesia.....	86
Gambar 23. Potongan Tubuh Embung.....	92
Gambar 24. Kedalaman Dasar Saluran Pengarah Aliran.....	95
Gambar 25. Penampang Mercu Pelimpah.....	97
Gambar 26. Skema Aliran pada Mercu Pelimpah.....	98
Gambar 27. Skema Bagian Saluran Transisi Saluran Pengarah pada Bangunan Pelimpah.....	100
Gambar 28. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Transisi	101
Gambar 29. Penampang Memanjang Saluran Transisi	104
Gambar 30. Bagian Berbentuk Terompet pada Ujung Hilir Saluran Peluncur.	105
Gambar 31. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur ...	105
Gambar 32. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Terompet..	107
Gambar 33. Kolam Olak Menurut <i>Vlugter</i>	111
Gambar 34. Potongan Melintang Kolam Olak <i>Vlugter</i>	113
Gambar 35. Tampak Atas Bangunan Pelimpah	114
Gambar 36. Potongan Memanjang Bangunan Pelimpah	115
Gambar 37. Garis Depresi Tubuh Embung Kondisi Tanpa <i>Chimney</i>	119
Gambar 38. Garis Depresi Tubuh Embung Kondisi Dengan Pondasi Kaki	122

Gambar 39. Metode Irisan Bidang Luncur Kondisi Baru Selesai Dibangun ...	128
Gambar 40. Metode Irisan Bidang Luncur Kondisi Penurunan Air Tiba-tiba (<i>Rapid down</i>)	130
Gambar 41. Metode Irisan Bidang Luncur Kondisi Air Penuh	132
Gambar 42. Diagram Kondisi Air Normal.....	143
Gambar 43. Diagram Kondisi Air Banjir.....	153

DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
(1) Tinggi rata-rata curah hujan metode aritmatik.....	8
(2) Rumus koefisien <i>Thiessen</i>	9
(3) Rumus curah hujan rata-rata.....	9
(4) Hujan rerata kawasan metode <i>Isohyet</i>	10
(5) Analisis frekuensi dengan menggunakan metode Gumbel.....	12
(6) Frekuensi faktor.....	12
(7) Persamaan distribusi Log Pearson III.....	13
(8) Rumus Chi-Kuadrat terhitung.....	15
(9) Rumus Derajat Kebebasan.....	15
(10) Intensitas curah hujan metode <i>Dr. Mononobe</i>	17
(11) Intensitas curah hujan metode <i>Sherman</i>	17
(12) Intensitas curah hujan metode <i>Talbot</i>	18
(13) Intensitas curah hujan metode <i>Ishiguro</i>	18
(14) Debit rencana metode Rasional.....	19
(15) Daya dukung ijin.....	26
(16) Rumus desain tinggi jagaan.....	28
(17) Tinggi kenaikan muka air yang disebabkan oleh banjir abnormal (<i>h</i>).....	29

(18)	Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (he).....	29
(19)	Lebar mercu embung.....	31
(20)	Komponen horisontal beban seismis.....	37
(21)	Faktor keamanan metode irisan bidang luncur.....	38
(22)	Lebar ambang mercu pelimpah.....	49

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 1. Bagan Alir Penelitian.....	59
Grafik 2. Hubungan Elevasi dengan Volume Genangan dan Luas.....	80
Grafik 3. Grafik Perhitungan Metode SMB (<i>Suyono Sosrodarsono, 1989</i>).....	85
Grafik 4. Diagram untuk Memperkirakan Tipe Bangunan yang Akan Digunakan untuk Perencanaan Detail (<i>disadur dari Bos. Replogle and Clemments, 1984</i>).....	110
Grafik 5. Hubungan Antara Sudut Bidang Singgung () dengan C.....	124

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

PT. Perkebunan Nusantara 7 yang disingkat PTPN 7, merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara yang bergerak di bidang agribisnis, yang meliputi karet, kelapa sawit, tebu, dan teh. PTPN 7 mengembangkan usahanya di beberapa lokasi di Indonesia, yaitu di Bengkulu, Sumatera Selatan, dan Lampung. Dari 27 unit kebun yang dikelola di beberapa wilayah ini, hanya terdapat 2 unit kebun tebu, yaitu Unit Usaha Cinta Manis di Sumatera Selatan dan Unit Usaha Bunga Mayang di Lampung.

Dari segi produktivitas Kebun Tebu Unit Usaha Bunga Mayang dijadikan percontohan bagi pabrik gula lain di lingkungan BUMN. Prestasi ini dicapai karena dilakukan perbaikan di seluruh bagian, baik di kebun maupun di pabrik. Di kebun, perbaikan dimulai dari varietas, pemupukan, perawatan tanaman secara keseluruhan, dan sistem irigasi dengan merevitalisasi puluhan embung sebagai sumber air.

Teknologi embung merupakan salah satu pilihan yang menjanjikan karena teknologinya sederhana dan biayanya relatif murah. Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro yang dibangun di Daerah Aliran Sungai (DAS) atau di manapun yang perlu dilakukannya konservasi air.

Untuk mempertahankan prestasi ini dan terus meningkatkan produksi tebu, PTPN 7 Unit Usaha Bunga Mayang terus berusaha menambah jumlah embung untuk memenuhi kebutuhan irigasi tanaman tebu, khususnya pada musim kemarau.

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana prosedur perencanaan embung?
2. Bagaimana menghitung stabilitas embung yang telah direncanakan?
3. Berapa biaya pembangunan embung yang telah direncanakan?

I.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, digunakan batasan-batasan masalah agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih spesifik dan tidak meluas dari topik yang akan dibahas. Penelitian ini menitikberatkan pada segi perencanaan fisik embung dan fasilitas pendukungnya serta stabilitas embung itu sendiri.

I.4. Lokasi Penelitian

Lokasi embung yang direncanakan terdapat di areal tebu petak 61-62-63 Rayon 2, PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara.

I.5. Maksud dan Tujuan

Maksud perencanaan embung di areal tebu tebu petak 61-62-63 Rayon 2 unit usaha Bunga Mayang adalah untuk memenuhi kebutuhan irigasi tanaman tebu ketika musim kemarau.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tujuan yang harus tercapai, tujuan tersebut disusun sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui prosedur perencanaan suatu embung.
2. Untuk mengetahui stabilitas embung yang sudah direncanakan, apakah sudah memenuhi persyaratan yang ada atau belum.
3. Untuk mengetahui berapa besar biaya yang harus dikeluarkan untuk pembangunan embung.

I.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberikan kontribusi terhadap perencanaan pembangunan embung di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Rayon 2, Kabupaten Lampung Utara.
2. Menambah pengetahuan tentang perencanaan embung secara teknis dan nonteknis.

I.7. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis membagi menjadi tujuh bab, dimana pokok bahasan untuk tiap bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang, identifikasi masalah, tujuan, lokasi perencanaan serta sistematika penulisan.

BAB II STUDI PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori-teori dan dasar-dasar perhitungan yang akan digunakan untuk pemecahan problem yang ada, baik untuk menganalisis faktor-faktor dan data-data pendukung maupun perhitungan teknis perencanaan Embung di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menguraikan tentang cara penyelesaian tugas akhir untuk merencanakan embung tersebut.

BAB IV ANALISIS HIDROLOGI

Bab ini menguraikan tentang tinjauan umum, analisis data curah hujan, dan debit banjir rencana.

BAB V PERENCANAAN KONSTRUKSI

Bab ini menguraikan tentang tinjauan umum, pemilihan lokasi, pondasi, hidrolis embung, bangunan pelimpah, dan stabilitas embung.

BAB VI RANCANGAN ANGGARAN BIAYA

Bab ini menguraikan tentang analisis harga satuan, daftar harga bahan dan upah, dan rencana anggaran biaya pembangunan embung di areal tebu petak 61-62-63 Rayon 2, PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara.

BAB VII PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil analisis perencanaan Embung di areal tebu petak 61-62-63 Rayon 2, PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara.

II. STUDI PUSTAKA

II.1. Tinjauan Umum

Dalam pekerjaan perencanaan suatu embung diperlukan bidang-bidang ilmu pengetahuan yang saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan. Bidang ilmu pengetahuan itu antara lain geologi, hidrologi, hidrolika dan mekanika tanah.

Setiap daerah pengaliran sungai mempunyai sifat-sifat khusus yang berbeda, ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran. Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan konstruksi embung, perlu adanya kajian pustaka untuk menentukan spesifikasi-spesifikasi yang akan menjadi acuan dalam perencanaan pekerjaan konstruksi tersebut. Dalam studi pustaka ini juga dipaparkan secara singkat mengenai analisis hidrologi, dasar-dasar teori perencanaan embung yang akan digunakan dalam desain konstruksi dan bangunan pelengkapannya.

II.2. Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya, dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup.

Analisis hidrologi merupakan salah satu bagian dari keseluruhan rangkaian dapat dalam perencanaan bangunan air. Dalam melakukan analisis hidrologi sering diharapkan pada kejadian-kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Banjir mempengaruhi bangunan-bangunan air seperti bendung, bendungan, waduk, tanggul, jembatan, dan gorong-gorong, dan sebagainya. Bangunan-bangunan tersebut harus direncanakan untuk melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi. Salah satu faktor yang mempengaruhi debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya adalah curah hujan.

II.2.1. Penentuan Curah Hujan Kawasan

Informasi pada stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun tersebut berada; sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut ini:

II.2.1.1 Metode Rerata Aritmatik (aljabar)

Tinggi rata-rata curah hujan didapat dengan pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} \quad \dots (1)$$

dimana :

\bar{p} = hujan rerata kawasan

$p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$ = hujan di stasiun 1, 2, 3, ... ,

n = jumlah stasiun

II.2.1.2 Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata itu dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \quad \dots (2)$$

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad \dots (3)$$

dimana :

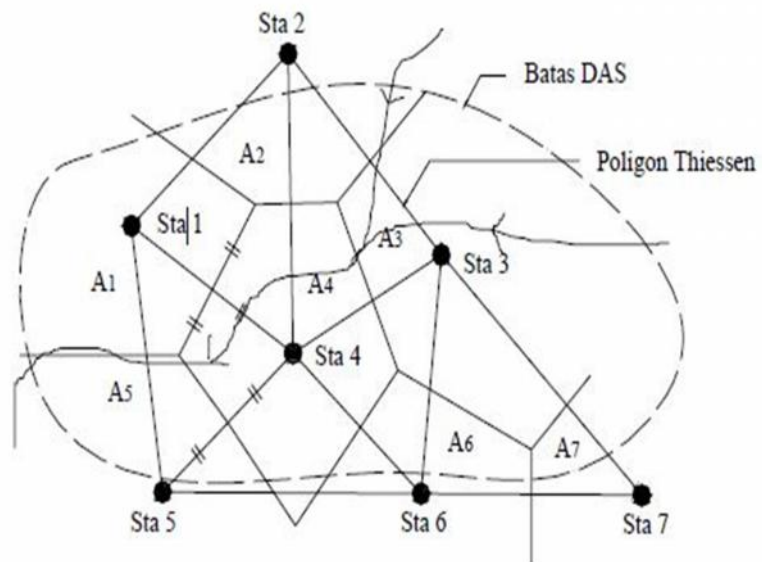
C = Koefisien *Thiessen*

A_i = Luas pengaruh dari stasiun pengamatan i

A = Luas total dari DAS

\bar{p} = Curah hujan rata-rata

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ = Curah hujan pada setiap stasiun



Gambar 1. Poligon *Thiessen*.

II.2.1.3 Metode *Isohyet*

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode *Isohyet*, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis *Isohyet* adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis *Isohyet* tersebut. Dengan cara ini, kita dapat menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (*isohyet*),

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

$$\bar{p} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_2 + I_3}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

atau,

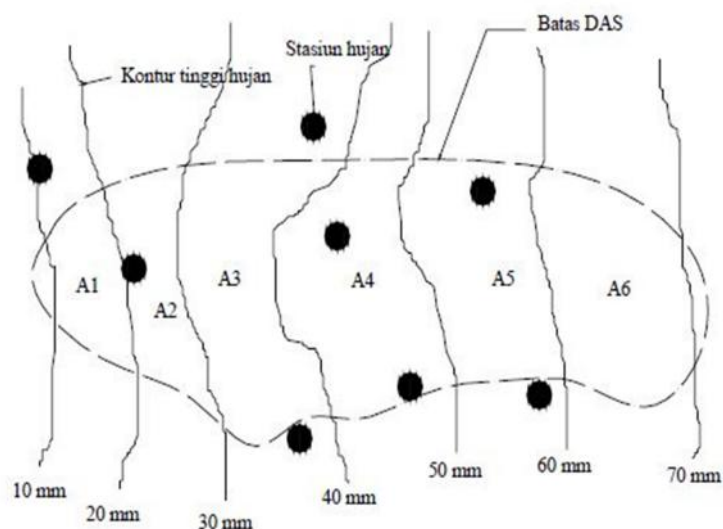
$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \frac{I_i + I_{i+1}}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \dots (4)$$

dimana,

\bar{p} = hujan rerata kawasan

I_1, I_2, \dots, I_n = garis isohyet

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet



Gambar 2. Metode *Isohyet*.

II.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Untuk meramal curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi data hujan. Ada beberapa bentuk fungsi distribusi kontinyu (teoritis), yang sering digunakan, yaitu :

II.2.2.1 Distribusi Normal

Distribusi normal adalah simetris terhadap sumbu vertikal dan berbentuk lonceng yang disebut juga distribusi *Gauss*. Distribusi normal mempunyai dua parameter yaitu rerata μ dan deviasi standar dari populasi.

Sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien kemencengan (*skewness*) sama dengan nol ($C_s = 0$) dan nilai koefisien kurtosis $C_k = 3$. Selain itu terdapat sifat-sifat distribusi frekuensi kumulatif berikut ini.

$$P(\bar{x} - s) = 15,87\%$$

$$P(\bar{x}) = 50\%$$

$$P(\bar{x} + s) = 84,14\%$$

Kemungkinan variat berada pada daerah $(x - s)$ dan $(x + s)$ adalah 68,27% dan yang berada antara $(x - 2s)$ dan $(x + 2s)$ adalah 95,44%.

II.2.2.2 Distribusi Lognormal

Distribusi log normal digunakan apabila nilai-nilai dari variabel acak tidak mengikuti distribusi normal, tetapi nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal.

Berikut sifat-sifat distribusi log normal :

$$\text{Nilai kemencengan} : C_s = C_v^3 + 3C_v$$

$$\text{Nilai kurtosis} : C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$$

II.2.2.3 Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum seperti untuk analisis frekuensi banjir. Fungsi densitas kumulatif mempunyai bentuk :

$$y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

dimana,

$$y_T = \text{reduce varieties}$$

$$T = \text{kala ulang}$$

Distribusi Gumbel mempunyai sifat bahwa

$$\text{Koefisien skewness} : C_s = 1,14$$

$$\text{Koefisien kurtosis} : C_k = 5,4$$

Analisis frekuensi dengan menggunakan metode Gumbel dilakukan dengan persamaan berikut :

$$x = \bar{x} + Ks \quad \dots (5)$$

dengan K adalah frekuensi faktor yang bisa dihitung dengan persamaan berikut :

$$y = y_n + K\sigma_n \quad \dots (6)$$

dimana,

$$y = \text{faktor reduksi (reduce varieties)}$$

y_n dan σ_n = nilai rerata dan deviasi standar dari variat Gumbel, yang nilainya tergantung dari jumlah data

II.2.2.4 Distribusi Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan banyak model matematik fungsi distribusi untuk membuat persamaan empiris dari suatu distribusi. Ada 12 tipe distribusi Pearson, namun hanya distribusi Log Pearson III yang banyak digunakan dalam hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum.

Bentuk kumulatif dari distribusi Log Pearson III dengan nilai variat X apabila digambarkan pada kertas probabilitas logaritmik akan membentuk persamaan garis lurus. Persamaan tersebut mempunyai bentuk berikut :

$$y_T = \bar{y} + K_T s_y \quad \dots (7)$$

dimana,

y_T = nilai logaritmik dari x dengan periode ulang T

\bar{y} = nilai rerata dari y_i

s_y = deviasi standar dari y_i

K_T = faktor frekuensi, yang merupakan fungsi dari probabilitas (atau periode ulang) dan koefisien kemencengan C_{sy} , yang diberikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Harga k untuk Distribusi Log Pearson III

C_s	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Triatmodjo, 2008)

II.2.3. Uji Keselarasan

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu

II.3.2.1 Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat menggunakan nilai x^2 yang dapat diharapkan sesuai dengan persamaan berikut :

$$x^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \quad \dots (8)$$

dimana,

x^2 = nilai Chi-kuadrat terhitung

Ef = frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama

n = jumlah sub kelompok dalam satu grup

Nilai x^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai x_{cr}^2 (Chi-Kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang sering diambil 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan persamaan :

$$DK = K - (\alpha + 1) \quad \dots (9)$$

dengan,

DK = derajat kebebasan

K = banyaknya kelas

= banyaknya ketertarikan (banyaknya parameter),

untuk uji Chi-Kuadrat adalah 2

II.3.2.2 Uji *Smirnov Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov Kolmogorov* juga disebut uji kecocokan non parametik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, namun dengan membandingkan probabilitas untuk tiap variabel dari distribusi empiris dan teoritis didapat perbedaan (D) tertentu. Perbedaan maksimum yang dihitung (D_{maks}) dibandingkan dengan perbedaan kritis (D_{cr}) untuk suatu derajat nyata dan banyaknya variat tertentu, maka sebaran sesuai jika ($D_{maks} < D_{cr}$).

Tabel 2. Nilai D_{kritis} uji *Smirnov Kolmogorov*

n				
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.18	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
n > 50	$\frac{1.65}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.67}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.69}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

II.2.4. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Analisis

intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau.

II.2.4.1 Menurut *Dr. Mononobe*

Rumus yang digunakan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad \dots (10)$$

di mana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = lamanya curah hujan (jam)

II.2.4.2 Menurut *Sherman*

Rumus yang digunakan :

$$I = \frac{a}{t^b} \quad \dots (11)$$

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

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

di mana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

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

n = banyaknya pasangan data i dan t

II.2.4.3 Menurut *Talbot*

Rumus yang digunakan :

$$I = \frac{a}{(t+b)} \quad \dots (12)$$

dimana :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

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

n = banyaknya pasangan data i dan t

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (i \cdot t) \sum_{i=1}^n (i^2) - \sum_{i=1}^n (i^2 \cdot t) \sum_{i=1}^n (i)}{n \sum_{i=1}^n (i^2) - [\sum_{i=1}^n (i)]^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (i) \sum_{i=1}^n (i \cdot t) - n \sum_{i=1}^n (i^2 \cdot t)}{n \sum_{i=1}^n (i^2) - [\sum_{i=1}^n (i)]^2}$$

II.2.4.4 Menurut *Ishiguro*

Rumus yang digunakan :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad \dots (13)$$

dimana

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan (menit)

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

n = banyaknya pasangan data i dan t

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

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

II.2.5. Perhitungan Debit Banjir

Untuk mencari debit banjir rencana dapat digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan.

II.2.5.1 Rumus Rasional

Metode rasional ini digunakan jika luas DAS kurang dari 2,5 km² (<2,5 km²). Rumus rasional yang dipakai adalah :

$$Q_r = \frac{C_f \cdot C \cdot I \cdot A}{3,6} = 0,278 \cdot C_f \cdot C \cdot I \cdot A \quad \dots (14)$$

dimana :

Q_r = debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas dan frekuensi tertentu (m³/det)

I = intensitas curah hujan selama konsentrasi (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km²)

C_f = faktor koreksi frekuensi

C = koefisien aliran yang tergantung pada jenis permukaan lahan yang nilainya diberikan dalam tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Koefisien Aliran

Tipe Daerah Aliran	Harga C
Rerumputan	0,50 – 0,10
Tanah pasir, datar, 2%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,15 – 0,20
Tanah pasir, curam, 7%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, datar, 2%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,25 – 0,35
Tanah gemuk, curam, 7%	
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75 – 0,95
Daerah kota pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Daerah <i>single family</i>	0,30 – 0,50
Multiunit terpisah	0,40 – 0,60
Multiunit tertutup	0,60 – 0,75
Suburban	0,25 – 0,40
Daerah apartemen	0,50 – 0,70
Industri	
Daerah ringan	0,50 – 0,80
Daerah berat	0,60 – 0,90
Taman, kuburan	0,10 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35
Halaman kereta api	0,20 – 0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Jalan : beraspal	0,70 – 0,95
beton	0,80 – 0,95
batu	0,70 – 0,85
Atap	0,75 – 0,95

(dalam Triatmodjo, 2008)

II.2.6. Perhitungan Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air.

Perhitungan debit andalan dapat dilakukan dengan beberapa metode, namun yang paling sering digunakan adalah metode *F.J. Mock*. Metode dari *Dr. F.J. Mock* ini yaitu analisis *water balance* berdasarkan data curah hujan bulanan, jumlah hari hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran.

II.3. Teori Perencanaan Embung dan Bangunan Pelengkapya

Sebelum pekerjaan perencanaan suatu embung dimulai, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu acuan atau teori apa saja yang akan digunakan agar hasil perencanaan dapat dipertanggungjawabkan.

II.3.1 Embung

Embung adalah bangunan konservasi air yang berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan, dan atau peternakan terutama pada musim kemarau. Embung merupakan bangunan penyimpanan air yang dibangun di daerah depresi, biasanya di luar sungai.

II.3.1.1 Tipe Embung

Tipe embung dapat dikategorikan menjadi empat keadaan, yaitu :

a. Tipe Embung Berdasarkan Tujuan Pembangunannya

Ada dua tipe embung berdasarkan tujuan pembangunannya, yaitu tujuan tunggal dan tujuan serba guna.

Yang pertama adalah embung dengan tujuan tunggal (*single purpose dams*) adalah embung yang dibuat untuk memenuhi satu tujuan saja, misalnya untuk pembangkit tenaga listrik atau irigasi, atau pengendalian banjir atau untuk penyiraman tanaman bahkan untuk perikanan atau tujuan lainnya namun untuk satu tujuan saja.

Yang kedua embung serba guna (*multipurpose dams*) adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan, misalnya untuk pembangkit tenaga listrik dan irigasi, air minum dan industri, pariwisata dan irigasi dan lain-lain.

b. Tipe Embung Berdasarkan Fungsinya

Tipe embung berdasarkan fungsinya dibagi menjadi tiga, yaitu :

(1) Embung penampung air (*storage dams*) adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan digunakan pada masa kekeringan.

Embung ini dapat dijadikan embung serba guna, yaitu untuk rekreasi, perikanan, dan lain sebagainya.

- (2) Embung penahan (*detention dams*) adalah embung yang digunakan untuk menahan atau memperlambat dan mengusahakan seminimal mungkin efek aliran banjir mendadak. Air ditahan secara berkala atau sementara waktu, lalu dialirkan melalui pelesan (*outlet*). Air ditahan selama mungkin untuk dibiarkan meresap di daerah sekitarnya.
- (3) Embung pembelok (*diversion dams*) adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk keperluan irigasi.

c. Tipe Embung Berdasarkan Jalannya Air

Ada dua tipe embung berdasarkan jalannya air yaitu sebagai berikut :

- (1) Embung untuk dilewati air (*overflow dams*) adalah embung yang dibangun untuk melimpasi air misalnya pada bangunan pelimpah.
- (2) Embung untuk menahan air (*non overflow dams*) adalah embung yang sama sekali tidak boleh dilimpasi air. Kedua tipe ini biasanya dibangun berbatasan dan dibuat dari beton, pasangan batu, atau pasangan bata.

d. Tipe Embung Berdasarkan Material Pembentuknya

Tipe embung berdasarkan material pembentuknya dibagi menjadi beberapa, yaitu :

(1) Embung urugan (*fill dams, embankment dams*)

adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimia. Embung ini masih bisa dibagi menjadi dua, yaitu embung urugan homogen adalah embung yang pembentuknya tanah yang jenisnya hampir sama dan gradasinya pun hampir seragam. Yang kedua adalah embung zonal yaitu embung yang membentuk timbunannya terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu.

(2) Embung beton (*concrete dams*) adalah embung yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan hulu dan hilir embung ini tidak sama, biasanya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping.

II.3.2. Pemilihan Lokasi dan Tipe Embung

Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi pemilihan lokasi dan tipe embung, yaitu :

a. Tujuan pembangunan embung

- b. Keadaan klimatologi daerah setempat
- c. Keadaan hidrologi setempat
- d. Keadaan di daerah genangan
- e. Keadaan geologi setempat
- f. Tersedianya bahan bangunan
- g. Hubungan dengan bangunan pelengkap
- h. Keperluan untuk pengoperasian embung
- i. Keadaan lingkungan sekitar
- j. Biaya rencana

II.3.3. Perencanaan Pondasi

Pada bangunan air, pondasi yang direncanakan harus memiliki kriteria yang mampu mendukung bangunan air itu sendiri, yaitu :

- a. Mempunyai daya dukung yang mampu menahan beban sendiri tubuh embung dalam berbagai kondisi.
- b. Mempunyai kemampuan penghambat aliran filtrasi.
- c. Mempunyai ketahanan terhadap sufosi (*piping*) dan semburan (*boiling*) yang disebabkan oleh aliran filtrasi yang melalui lapisan-lapisan pondasi.

Selanjutnya yang harus ditinjau adalah dimana pondasi itu akan dibuat, karena pondasi yang dibuat harus menyesuaikan dengan jenis batuan yang membentuk lapisan pondasi. Setiap jenis pembentuk lapisan pondasi memiliki masalahnya masing-masing, dengan

mengetahui masalahnya maka perencanaan pondasi ini diharapkan dapat mengatasinya dengan melakukan perkuatan lapisan pondasi.

Masalah pertama pada pondasi batuan biasanya dihadapkan pada adanya pelapukan di bagian atas dari pondasi tersebut, atau ditemukan banyak retakan dan patahan.

Masalah kedua apabila pondasi yang berupa pasir dan kerikil. Pada pondasi ini biasanya dihadapkan pada daya dukungnya yang rendah dan permeabilitas yang sangat tinggi.

Masalah ketiga adalah pondasi tanah yang biasanya dihadapkan pada masalah daya dukungnya yang sangat lemah.

Besarnya daya dukung yang diijinkan sama dengan daya dukung batas dibagi angka keamanan, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q_a = \frac{q_{ult}}{FK} \quad \dots (15)$$

dimana :

q_a = daya dukung ijin tanah

q_{ult} = daya dukung tanah ultimit

FK = faktor keamanan

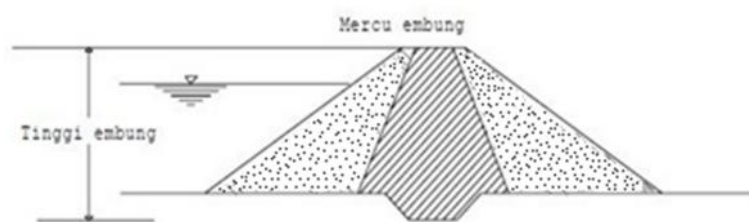
II.3.4. Perencanaan Tubuh Embung

Beberapa istilah penting mengenai tubuh embung :

II.3.4.1 Tinggi Embung

Tinggi embung adalah perbedaan antara elevasi permukaan pondasi dan elevasi mercu embung. Apabila pada dasar

embung dinding kedap air atau zona kedap air, maka yang dianggap permukaan pondasi adalah garis perpotongan antara bidang vertikal yang melalui hulu mercu embung dengan permukaan pondasi alas embung tersebut.

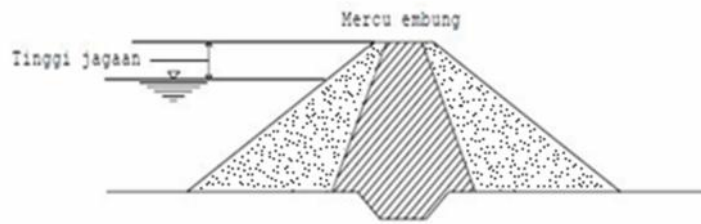


Gambar 3. Tinggi Embung.

II.3.4.2 Tinggi Jagaan (*Free Board*)

Tinggi jagaan adalah perbedaan antara elevasi permukaan maksimum rencana air dalam embung dan elevasi mercu embung. Elevasi permukaan air maksimum rencana biasanya merupakan elevasi banjir rencana embung.

Tinggi jagaan harus diperhitungkan dengan benar dan tidak dapat diabaikan karena tinggi jagaan ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya peristiwa air yang melewati puncak embung yang dapat diakibatkan oleh beberapa hal, seperti debit banjir yang masuk embung, gelombang angin, pengaruh longsoran tebing-tebing sekeliling embung, gempa, atau penerunan tubuh embung.



Gambar 4. Tinggi Jagaan.

Rumus yang digunakan untuk mendesain tinggi jagaan embung adalah sebagai berikut (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989) :

$$H_f \geq \Delta h + (h_w \text{ atau } \frac{h_e}{2} + h_a + h_i) \quad \dots (16)$$

$$H_f \geq h_w + \frac{h}{2} + h_a + h_i$$

dimana,

H_f = tinggi jagaan

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

h_w = tinggi ombak akibat tiupan angin

h_e = tinggi ombak akibat gempa

h_a = tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk, apabila terjadi kemacetan pada bangunan pelimpah

h_i = tinggi tambahan yang didasarkan pada tingkat urgensi dari waduk

- a. Tinggi kenaikan muka air yang disebabkan oleh banjir abnormal (Δh)

Debit banjir abnormal yang kadang-kadang melebihi debit banjir rencana dapat diprediksi dengan rumus sebagaimana berikut :

$$\Delta h = \frac{2}{3} \times \frac{\alpha Q_0}{Q} \times \frac{h}{1 + \frac{Ah}{QT}} \quad \dots (17)$$

dimana:

Q_0 = debit banjir rencana

Q = kapasitas rencana

= 0,2 untuk bangunan pelimpah terbuka

= 1,0 untuk bangunan pelimpah tertutup

h = kedalaman pelimpah rencana

A = luas permukaan air waduk pada elevasi banjir rencana

T = durasi terjadinya banjir abnormal (biasanya antara 1 s/d 3 jam)

- b. Tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (h)

Rumus yang digunakan untuk menghitung kemungkinan tinggi ombak yang disebabkan oleh gempa (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989) :

$$h = \frac{e \cdot T}{\pi} \sqrt{g \cdot h_0} \quad \dots (18)$$

dimana :

e = intensitas seismis horizontal

τ = siklus seismis (biasanya sekitar 1 detik)

h_0 = kedalaman air dalam waduk

g = percepatan gravitasi bumi

c. Kenaikan air waduk yang disebabkan oleh ketidaknormalan operasi pintu bangunan pelimpah (h_a), biasanya sebagai standar diambil $h_a = 0,5$ m.

d. Angka tambahan tinggi jagaan yang didasarkan pada tipe embung (h_i) Mengingat limpasan melalui mercu embung urugan sangat berbahaya maka untuk embung tipe ini angka tambahan tinggi jagaan (h_i) ditentukan sebesar 1,0 m ($h_i = 1,0$ m).

Angka standar untuk tinggi jagaan pada bendungan urugan didasarkan pada tinggi bedungan, adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Angka Standar Tinggi Jagaan

Lebih rendah dari 50 m	H_f 2,0 m
Dengan tinggi antara 50-100 m	H_f 3,0 m
Lebih tinggi dari 100 m	H_f 3,5 m

(*Sosrodarsono dan Takeda, 1989*)

II.3.4.3 Lebar Mercu Embung

Lebar mercu embung yang memadai diperlukan agar puncak dapat tahan terhadap hempasan ombak dan dapat tahan terhadap aliran filtrasi yang melalui mercu tubuh embung. Disamping itu, dalam merencanakan mercu

embung harus diperhatikan kegunaannya sebagai jalan inspeksi dan pemeliharaan embung. Penentuan lebar mercu dirumuskan (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989) sebagai berikut :

$$b = 3,6H^{1/3} - 3 \quad \dots (19)$$

di mana :

b = lebar mercu

H = tinggi embung

II.3.4.4 Panjang Embung

Panjang embung adalah seluruh panjang mercu embung yang bersangkutan, termasuk bagian yang digali pada tebing-tebing sungai di kedua ujung mercu tersebut. Apabila bangunan pelimpah atau bangunan penyadap terdapat pada ujung-ujung mercu, maka lebar bangunan-bangunan pelimpah tersebut diperhitungkan pula dalam menentukan panjang embung.

II.3.4.5 Volume Embung

Seluruh jumlah volume konstruksi yang dibuat dalam rangka pembangunan tubuh embung termasuk semua bangunan pelengkap dianggap sebagai volume embung.

II.3.4.6 Kemiringan Lereng Tubuh Embung

Kemiringan rata-rata lereng embung (lereng hulu dan lereng hilir) adalah perbandingan antara panjang garis vertikal yang melalui tumit masing-masing lereng tersebut. *Berm* lawan dan drainase prisma biasanya dimasukkan dalam perhitungan penentuan kemiringan lereng, akan tetapi alas kedap air biasanya diabaikan.

Kemiringan lereng urugan harus ditentukan sedemikian rupa agar stabil terhadap longsor. Hal ini sangat tergantung pada jenis material urugan yang dipakai. Kestabilan urugan harus diperhitungkan terhadap frekuensi naik turunnya muka air, rembesan, dan harus tahan terhadap gempa.

Tabel 5. Kemiringan Lereng.

Material Urugan	Material Utama	Kemiringan Lereng Vertikal : Horizontal	
		Hulu	Hilir
Urugan Homogen	CH, CL, SC, GC, GM, SM	1 : 3	1 : 2,25
Urugan Majemuk			
a. Urugan batu dengan inti lempung atau dinding diafragma	Pecahan batu	1 : 1,50	1 : 1,25
b. Kerikil dengan inti lempung atau dinding diafragma	Kerikil	1 : 2,50	1 : 1,75

(*Sosrodarsono dan Takeda, 1989*)

II.3.4.7 Timbunan Ekstra (*Extra Banking*)

Sehubungan dengan terjadinya gejala konsolidasi tubuh embung, yang prosesnya berjalan lama sesudah pembangunan embung tersebut diadakan penimbunan ekstra melebihi tinggi dan volume rencana dengan perhitungan agar sesudah proses konsolidasi berakhir maka penurunan tinggi dan penyusutan volume akan mendekati tinggi dan volume rencana embung.

II.3.5. Stabilitas Embung

Stabilitas embung merupakan perhitungan konstruksi untuk menentukan kemampuan embung untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan apapun. Konstruksi harus aman terhadap geseran, penurunan embung, dan terhadap rembesan dalam kondisi embung kosong, terisi penuh, dan penurunan air tiba-tiba.

II.3.5.1 Beban Yang Bekerja pada Embung

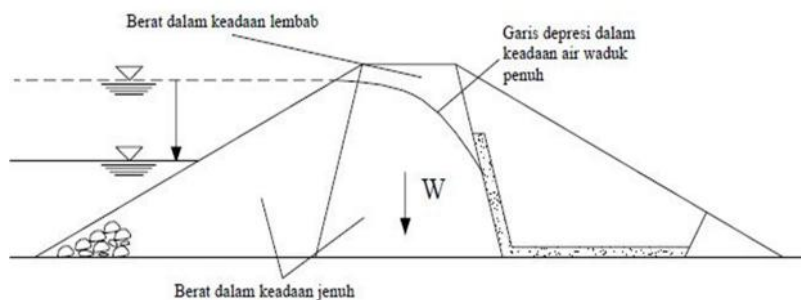
Berikut gaya-gaya yang bekerja pada embung :

a. Beban Berat Tubuh Embung Sendiri

Untuk mengetahui besarnya beban berat tubuh embung, maka diambil beberapa kondisi yang paling tidak menguntungkan, yaitu:

- (1) Pada kondisi lembab, segera sesudah tubuh embung selesai dibangun.

- (2) Pada kondisi sesudah permukaan air mencapai elevasi penuh, dimana bagian embung yang terletak di sebelah atas garis depresi dalam kondisi lembab, sedang bagian embung yang terletak di sebelah bawah garis depresi dalam keadaan jenuh.
- (3) Pada kondisi dimana terjadi gejala penurunan mendadak (*rapid draw-down*) permukaan air, sehingga semua bagian embung yang semula terletak di sebelah bawah garis depresi tetap dianggap jenuh.



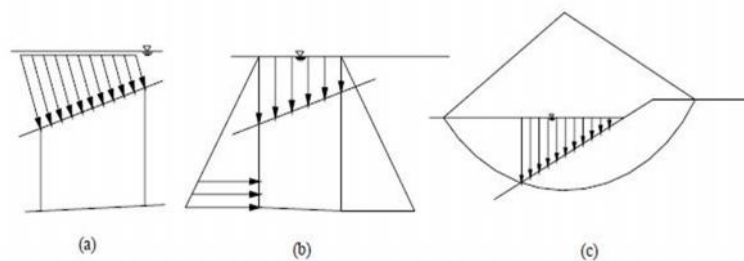
Gambar 5. Gaya Akibat Berat Beban Sendiri.

b. Tekanan Hidrostatik

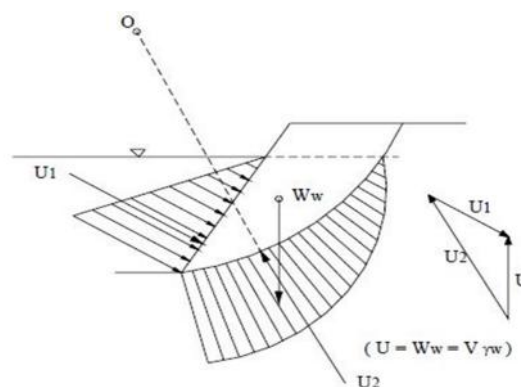
Pada perhitungan stabilitas embung dengan metode irisan (*slice method*) biasanya beban hidrostatik yang bekerja pada lereng sebelah hulu embung dapat digambarkan dalam tiga cara pembebanan. Pemilihan cara pembebanan yang cocok untuk suatu perhitungan, harus disesuaikan dengan semua pola gaya-gaya yang

bekerja pada tubuh embung, yang akan diikuti sertakan dalam perhitungan.

Pada kondisi dimana garis depresi tampaknya mendekati garis yang horizontal, maka dalam perhitungan langsung dapat dianggap horizontal dan berat bagian tubuh embung yang terletak di bawah garis depresi tersebut diperhitungkan sebagai berat bahan yang terletak dalam air. Tetapi dalam kondisi perhitungan yang berhubungan dengan gempa, biasanya berat bagian ini dianggap dalam kondisi jenuh.



Gambar 6. Gaya Tekanan Hidrostatik pada Bidang Luncur.



Gambar 7. Uraian Gaya Hidrostatik yang Bekerja pada Bidang Luncur

c. Tekanan Air Pori

Tekanan air pori adalah gaya-gaya yang timbul dari tekanan air pori di embung terhadap lingkaran bidang luncur. Gaya-gaya yang timbul dari tekanan air pori dianggap bekerja tegak lurus terhadap bidang luncur.

Tekanan air pori dihitung dengan beberapa kondisi yaitu :

- (1) Gaya-gaya yang timbul dari tekanan air pori dalam kondisi tubuh embung sedang dibangun.
- (2) Gaya-gaya yang timbul dari tekanan air pori dalam kondisi waduk telah terisi penuh dan permukaan air sedang menurun secara berangsur-angsur.
- (3) Gaya-gaya yang timbul dari tekanan air pori dalam kondisi terjadinya penurunan mendadak permukaan air waduk hingga mencapai permukaan terendah, sehingga besarnya tekanan air pori dalam tubuh embung masih dalam kondisi waduk terisi penuh.

d. Beban Seismis (*Seismic Force*)

Beban seismis akan timbul pada saat terjadinya gempa bumi, dan penetapan suatu kapasitas beban seismis secara pasti sangat sukar. Faktor-faktor yang

menentukan besarnya beban seismis pada embung urugan, adalah (dalam Sosrodarsono, 1989) :

- (1) Karakteristik, lamanya dan kekuatan gempa yang terjadi.
- (2) Karakteristik dari pondasi embung.
- (3) Karakteristik bahan pembentuk tubuh embung.
- (4) Tipe embung.

Komponen horisontal beban seismis dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (dalam Sosrodarsono, 1989):

$$M . \quad = e (M . g) \quad \dots (20)$$

di mana :

M = massa tubuh embung

= percepatan horizontal

e = intensitas seismis horizontal (0,10-0,25)

g = percepatan gravitasi bumi

Tabel 6. Gempa Bumi dan Percepatan Horizontal

Intensitas Seismis	Gal	Jenis Pondasi	
		Batuan	Tanah
Luar biasa 7	400	0,20 g	0,25 g
Sangat kuat 6	400 – 200	0,15 g	0,20 g
Kuat 5	200 – 100	0,12 g	0,15 g
Sedang 4	100	0,10 g	0,12 g

(1 Gal = 1 cm/det²)

(dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989)

II.3.5.2 Stabilitas Embung Urugan Menggunakan Metode Irisan Bidang Luncur Bundar

Faktor keamanan dari kemungkinan terjadinya longsoran dapat diperoleh dengan menggunakan rumus keseimbangan jika bidang luncur bundar dibagi dalam beberapa irisan vertikal. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_s = \frac{\sum\{C.l+(N-U-N_e) \tan \emptyset\}}{\sum(T-T_e)}$$

$$= \frac{\sum C.l+\sum\{\gamma A(\cos \alpha-e \sin \alpha)-V\} \tan \emptyset}{\sum \gamma A(\sin \alpha+e \cos \alpha)} \quad \dots (21)$$

di mana :

F_s = faktor keamanan

N = beban komponen vertikal yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur (= $A \cos \alpha$)

T = beban komponen tangensial yang timbul dari berat setiap irisan bidang luncur (= $A \sin \alpha$)

U = tekanan air pori yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur

N_e = komponen vertikal beban seismis yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur (= $e A \sin \alpha$)

T_e = komponen tangensial beban seismis yang bekerja pada setiap irisan bidang luncur (= $e A \cos \alpha$)

\emptyset = sudut gesekan dalam bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur

C = angka kohesi bahan yang membentuk dasar setiap irisan bidang luncur

Z = lebar setiap irisan bidang luncur

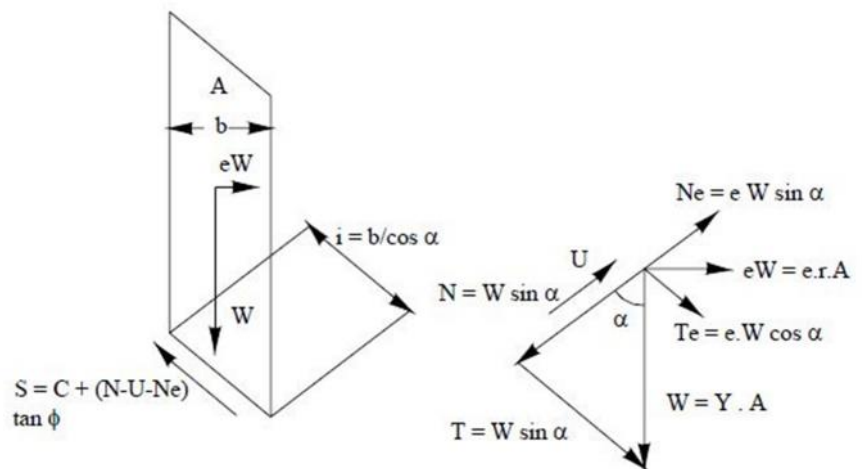
e = intensitas seismis horisontal

= berat isi dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur

A = luas dari setiap bahan pembentuk irisan bidang luncur

= sudut kemiringan rata-rata dasar setiap irisan bidang luncur

V = tekanan air pori



Gambar 8. Cara Menentukan Harga N dan T.

Prosedur perhitungan metode irisan bidang luncur bundar :

- Andaikan bidang luncur bundar dibagi menjadi beberapa irisan vertikal dan walaupun bukan merupakan persyaratan yang mutlak, biasanya setiap

irisannya dibuat sama. Disarankan agar irisannya bidang miring tersebut dapat melintasi perbatasan dari dua buah zona penimbunan atau supaya memotong garis depresi aliran filtrasi.

b. Gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan adalah sebagai berikut :

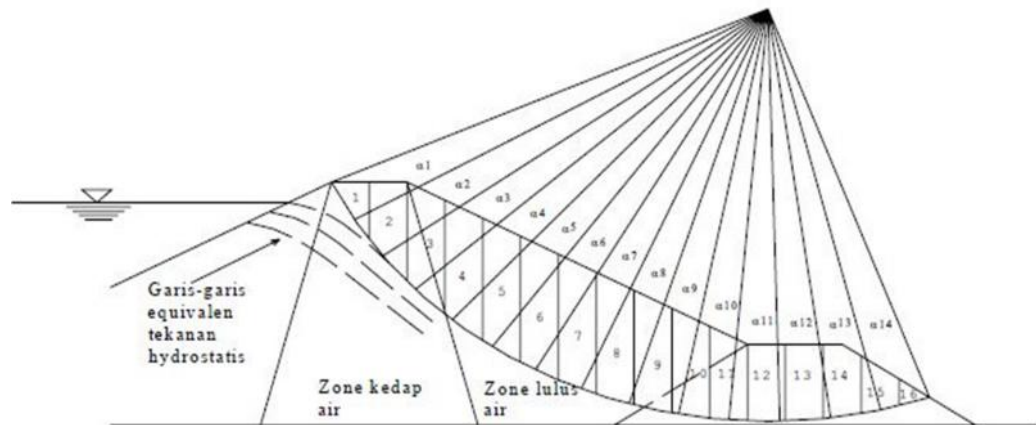
(1) Berat irisan (W), dihitung berdasarkan hasil perkalian antara luas irisan (A) dengan berat isi bahan pembentuk irisan (γ), jadi $W = A \cdot \gamma$.

(2) Beban berat komponen vertikal yang bekerja pada dasar irisan (N) dapat diperoleh dari hasil perkalian antara berat irisan (W) dengan cosinus sudut rata-rata tumpuan (α) pada dasar irisan yang bersangkutan jadi $N = W \cdot \cos \alpha$

(3) Beban dari tekanan hidrostatis yang bekerja pada dasar irisan (U) dapat diperoleh dari hasil perkalian antara panjang dasar irisan (b) dengan tekanan air rata-rata ($U/\cos \alpha$) pada dasar irisan tersebut, jadi $U = U/\cos \alpha \cdot b$

(4) Beban berat komponen tangensial (T) diperoleh dari hasil perkalian antara berat irisan (W) dengan sinus sudut rata-rata tumpuan dasar irisan tersebut jadi $T = W \cdot \sin \alpha$

- (5) Kekuatan tahanan kohesi terhadap gejala peluncuran (C) diperoleh dari hasil perkalian antara angka kohesi bahan (c') dengan panjang dasar irisan (b) dibagi lagi dengan $\cos \alpha$, jadi $C = c' \cdot b / \cos \alpha$
- (6) Kekuatan tahanan geseran terhadap gejala peluncuran irisan adalah kekuatan tahanan geser yang terjadi pada saat irisan akan meluncur meninggalkan tumpuannya.
- c. Kemudian jumlahkan semua kekuatan-kekuatan yang menahan (T) dan gaya-gaya yang mendorong (S) dari setiap irisan bidang luncur, dimana (T) dan (S) dari masing-masing irisan dinyatakan sebagai $T = W \sin \alpha$ dan $S = C + (N-U) \tan \alpha$.
- d. Faktor keamanan dari bidang luncur tersebut adalah perbandingan antara jumlah gaya pendorong dan jumlah gaya penahan yang dirumuskan (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989) :

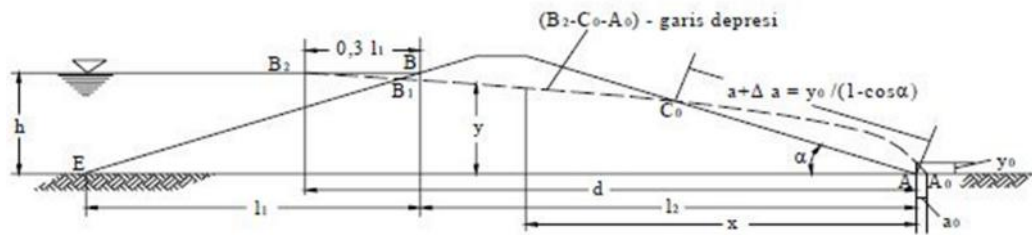


Gambar 9. Skema Perhitungan Bidang Luncur dalam Kondisi Waduk Penuh Air
(dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989)

II.3.5.3 Stabilitas Embung Terhadap Filtrasi

Baik embung maupun pondasinya diharuskan mampu menahan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh adanya air filtrasi yang mengalir melalui celah-celah antara butiran-butiran tanah pembentuk tubuh embung dan pondasi tersebut.

Hal tersebut dapat diketahui dengan mendapatkan formasi garis depresi (*seepage flow-net*) yang terjadi dalam tubuh dan pondasi embung tersebut. Garis depresi didapat dengan persamaan parabola bentuk dasar seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Garis Depresi pada Embung Homogen

Untuk selanjutnya digunakan persamaan-persamaan berikut
(Sosrodarsono dan Takeda, 1989) :

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0}$$

$$y_0 = \sqrt{h^2 - d^2} - d$$

$$y = \sqrt{2y_0x + y_0^2}$$

dimana :

h = jarak vertikal antara titik A dan B (m)

d = jarak horisontal antara titik B₂ dan A (m)

l_1 = jarak horisontal antara titik B dan E (m)

l_2 = jarak horisontal antara titik B dan A (m)

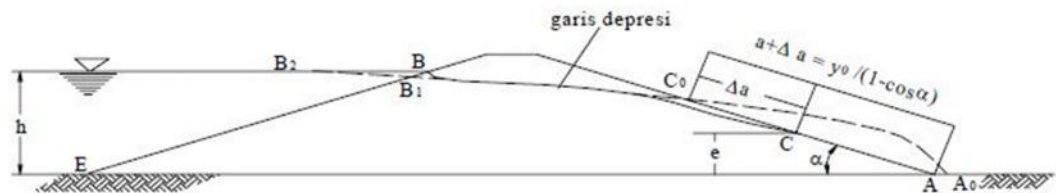
A = ujung tumit hilir embung (m)

B = titik perpotongan antara permukaan air waduk dengan lereng hulu embung (m)

A₁ = titik perpotongan antara parabola bentuk besar garis depresi dengan garis vertikal melalui titik B (m)

B_2 = titik yang terletak sejauh $0,3 l_1$ horisontal ke arah hulu dari titik B (m)

Akan tetapi garis parabola bentuk dasar (B2-C0-A0) diperoleh dari persamaan tersebut, bukanlah garis depresi sesungguhnya, masih diperlukan penyesuaian menjadi garis B-C-A yang merupakan bentuk garis depresi yang sesungguhnya seperti tertera pada gambar berikut :



Gambar 11. Garis Depresi pada Embung Homogen (sesuai dengan garis parabola yang dimodifikasi)

- ❖ Pada titik permulaan, garis depresi berpotongan tegak lurus dengan lereng hulu embung, dan dengan demikian titik C_0 dipindahkan ke titik C sepanjang a .
- ❖ Panjang garis a tergantung dari kemiringan lereng hilir embung, dimana air filtrasi tersembul keluar yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$a + \Delta a = \frac{y_0}{1 - \cos \alpha}$$

di mana :

$$a = \text{jarak } \overline{AC}$$

$$a = \text{jarak } \overline{C_0C}$$

$$= \text{sudut kemiringan lereng hilir embung}$$

II.3.5.4 Gejala Sufosi (*piping*) dan Sembulan (*boiling*)

Gejala sufosi (*piping*) dan sembulan (*boiling*) adalah erosi yang cepat sebagai akibat rembesan terpusat berat tubuh dan atau pondasi embung. Air meresap melalui timbunan tanah lapisan kedap air atau pondasi embung. Dengan adanya tekanan air di sebelah hulu maka ada kecenderungan terjadinya aliran air melewati pori-pori didalam tanah. Kecepatan aliran keluar ke atas permukaan lereng hilir yang komponen vertikalnya dapat mengakibatkan terjadinya perpindahan butiran-butiran bahan embung, kecepatannya dirumuskan sebagai berikut :

$$C = \sqrt{\frac{w_1 \times g}{F \times \gamma}} \quad \dots (22)$$

dimana :

C = kecepatan kritis

w_1 = berat butiran bahan dalam air

g = percepatan gravitasi bumi

F = luas permukaan yang menampung aliran filtrasi (m^2)
= berat isi air

II.3.6. Rencana Teknis Bangunan Pelimpah

Bangunan pelimpah adalah bangunan beserta instalasinya untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam embung agar tidak

membahayakan keamanan embung. Apabila terjadi kecepatan aliran air yang besar akan terjadi olakan (turbulensi) yang dapat mengganggu jalannya air sehingga menyebabkan berkurangnya aliran air yang masuk ke bangunan pelimpah. Maka kecepatan aliran air harus dibatasi, yaitu tidak melebihi kecepatan kritisnya (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989).

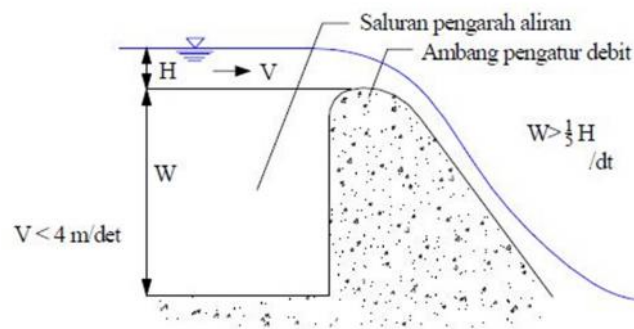
Pada hakekatnya untuk embung terdapat berbagai tipe bangunan pelimpah dan untuk menentukan tipe yang sesuai diperlukan suatu studi yang luas dan mendalam, sehingga diperoleh alternatif yang paling ekonomis. Bangunan pelimpah yang biasa digunakan yaitu bangunan pelimpah terbuka dengan ambang tetap. Bangunan pelimpah ini biasanya terdiri dari tiga bagian utama yaitu (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989) :

- ❖ Saluran pengarah
- ❖ Saluran pengatur aliran
- ❖ Saluran peluncur
- ❖ Peredam energi

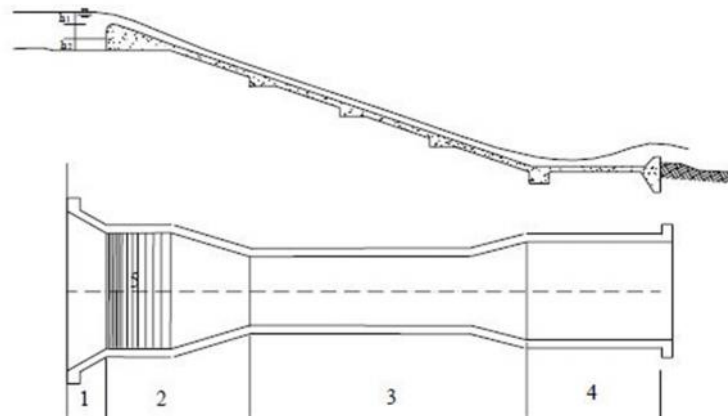
II.3.6.1 Saluran Pengarah dan Pengatur

Bagian ini berfungsi sebagai penuntun dan pengarah aliran agar aliran tersebut senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik. Pada saluran pengarah aliran ini, kecepatan masuknya aliran air supaya tidak melebihi 4 m/det dan lebar saluran makin mengecil ke arah hilir. Kedalaman dasar saluran

pengarah aliran biasanya diambil lebih besar dari $1/5$ X tinggi rencana limpasan di atas mercu ambang pelimpah. Kapasitas debit air sangat dipengaruhi oleh bentuk ambang. Terdapat 3 ambang yaitu ambang bebas, ambang berbentuk bendung pelimpah dan ambang bentuk bendung pelimpas penggantung.



Gambar 12. Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit pada Sebuah Pelimpah



Gambar 13. Bangunan Pelimpah

Keterangan gambar :

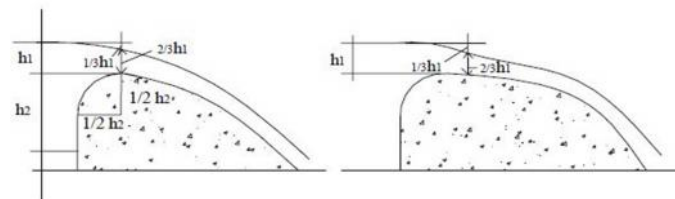
1. Saluran pengarah
2. Saluran pengatur

3. Saluran peluncur

4. Bangunan peredam energi

a. Ambang Bebas

Ambang bebas digunakan untuk debit air yang kecil dengan bentuk sederhana. Bagian hulu dapat berbentuk tegak atau miring (1 tegak : 1 horisontal atau 2 tegak : 1 horisontal), kemudian horizontal dan akhirnya berbentuk lengkung. Apabila berbentuk tegak selalu diikuti dengan lingkaran yang jari-jarinya $\frac{1}{2} h_2$.



Gambar 14. Ambang Bebas

Untuk menentukan lebar ambang digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = 1,704 \cdot b \cdot C \cdot (3 \cdot h_0)^{3/2} \quad \dots (23)$$

di mana :

Q = debit banjir rencana ($m^3/detik$)

b = lebar ambang (m)

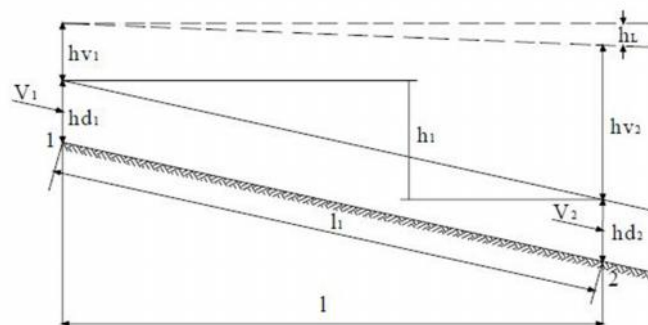
h_0 = tinggi penurunan permukaan air di dalam saluran pengarah (m)

C = koefisien pengaliran masuk ke saluran pengarah (untuk penampang segi empat, $C = 0,82$)

II.3.6.2 Saluran Peluncur

Dalam merencanakan saluran peluncur (*flood way*) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989):

- ❖ Agar air yang melimpah dari saluran pengatur mengalir dengan lancar tanpa hambatan-hambatan hidrolis.
- ❖ Agar konstruksi saluran peluncur cukup kukuh dan stabil dalam menampung semua beban yang timbul.
- ❖ Agar biaya konstruksi diusahakan se ekonomis mungkin.



Gambar 15. Skema Penampang Memanjang Aliran pada Saluran Peluncur

II.3.6.3 Peredam Energi

Digunakan untuk menghilangkan atau setidaknya mengurangi energi air agar tidak merusak tebing, jembatan, jalan, bangunan dan instalasi lain disebelah hilir bangunan pelimpah.

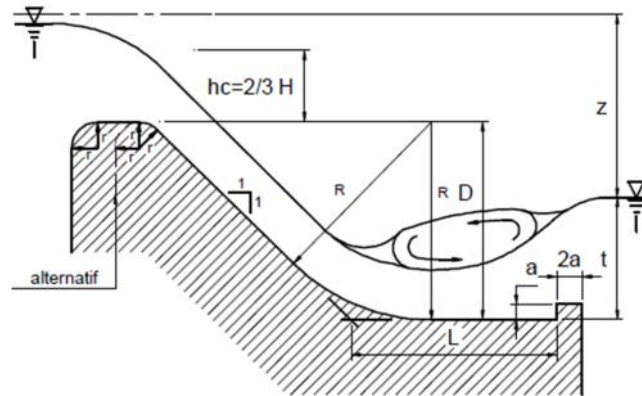
Guna meredusir energi yang terdapat di dalam aliran tersebut, maka diujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut peredam energi pencegah gerusan (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989).

Dalam perencanaan dipakai tipe kolam olakan, dan yang paling umum dipergunakan adalah kolam olakan datar.

Macam tipe kolam olakan datar yaitu :

a. Kolam Olak *Vlugter*

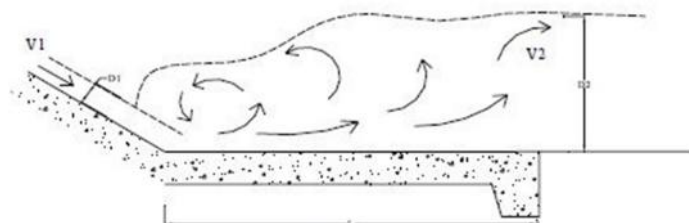
Kolam olak ini dipakai pada tanah aluvial dengan aliran sungai tidak membawa batuan besar. Batas-batas yang diberikan untuk z/hc 0,5; 2,0 dan 15,0 dihubungkan dengan bilangan *Froude* 1,0; 2,8 dan 12,8. Bilangan-bilangan *Froude* itu diambil pada kedalaman z di bawah tinggi energi hulu, bukan pada lantai kolam seperti untuk kolam loncat air. Kolam *Vlugter* bisa dipakai sampai beda tinggi energi z tidak lebih dari 4,50 m dan atau dalam lantai ruang olak sampai mercu (D) tidak lebih dari 8 meter.



Gambar 16. Kolam Olak *Vlugter*

b. Kolam olakan datar tipe I

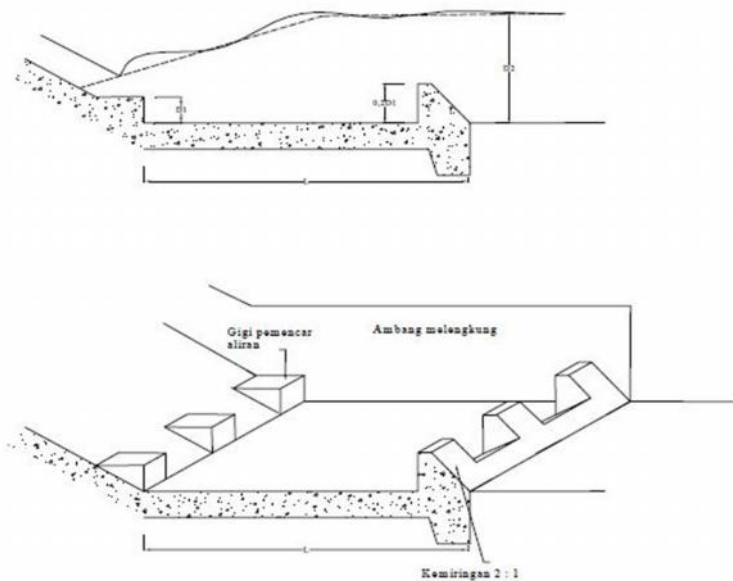
Kolam olakan datar tipe I adalah suatu kolam olakan dengan dasar yang datar dan terjadinya peredaman energi yang terkandung dalam aliran air dengan benturan secara langsung aliran tersebut ke atas permukaan dasar kolam. Benturan langsung tersebut menghasilkan peredaman energi yang cukup tinggi, sehingga perlengkapan-perengkapan lainnya guna penyempurnaan peredaman tidak diperlukan lagi pada kolam olakan tersebut (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989).



Gambar 17. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe I USBR

c. Kolam olakan datar tipe II

Kolam olakan datar tipe II ini cocok untuk aliran dengan tekanan hidrostatik yang tinggi dan dengan debit yang besar ($q > 45 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$, tekanan hidrostatik $> 60 \text{ m}$ dan bilangan Froude $> 4,5$). Kolam olakan tipe ini sangat sesuai untuk bendungan urugan dan penggunaannya cukup luas (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989).

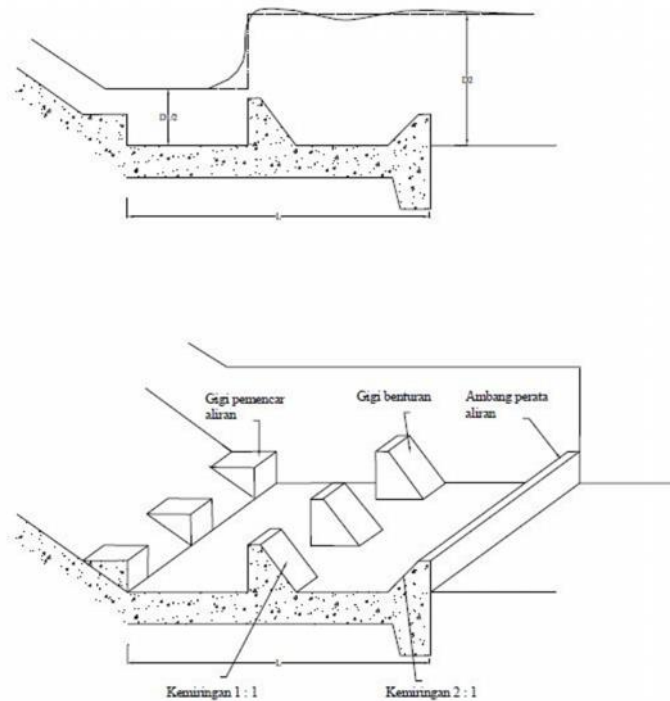


Gambar 18. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe II USBR

d. Kolam olakan datar tipe III

Pada hakekatnya prinsip kerja dari kolam olakan ini sangat mirip dengan sistem kerja dari kolam olakan datar tipe II, akan tetapi lebih sesuai untuk mengalirkan air dengan tekanan hidrostatik yang rendah dan debit

yang agak kecil ($q < 18,5 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$, $V < 18,0 \text{ m}/\text{dt}$ dan bilangan Froude $> 4,5$). Untuk mengurangi panjang kolam olakan, biasanya dibuatkan gigi pemencar aliran di tepi hulu dasar kolam, gigi penghadang aliran (gigi benturan) pada dasar kolam olakan. Kolam olakan tipe ini biasanya untuk bangunan pelimpah pada bendungan urugan rendah (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989).



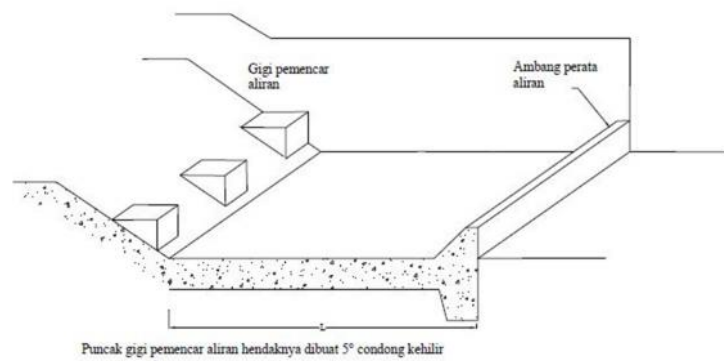
Gambar 19. Bentuk kolam olakan datar tipe III USBR

e. Kolam olakan datar tipe IV

Sistem kerja kolam olakan tipe ini sama dengan sistem kerja kolam olakan tipe III, akan tetapi penggunaannya yang paling cocok adalah untuk aliran dengan tekanan hidrostatis yang rendah dan debit yang besar per-unit

lebar, yaitu untuk aliran dalam kondisi super kritis dengan bilangan Froude antara 2,5 s/d 4,5.

Biasanya kolam olakan tipe ini dipergunakan pada bangunan-bangunan pelimpah suatu bendungan urugan yang sangat rendah atau bendung-bendung penyadap, bendung-bendung konsolidasi, bendung-bendung penyangga dan lain-lain (dalam Sosrodarsono dan Takeda, 1989).



Gambar 20. Bentuk Kolam Olakan Datar Tipe IV

USBR

III. METODOLOGI

III.1 Tinjauan Umum

Dalam 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 penyusunan tugas akhir ini metodologi perencanaan embung adalah sebagai berikut :

- ❖ Survey dan investigasi pendahuluan
- ❖ Pengumpulan data
- ❖ Analisis hidrologi
- ❖ Perencanaan konstruksi embung
- ❖ Stabilitas konstruksi embung
- ❖ Rancangan Anggaran Biaya

III.2 Data Primer dan Sekunder

Setiap perencanaan akan membutuhkan data-data pendukung baik data primer maupun data sekunder. Data primer didapat dari hasil wawancara langsung dengan pihak-pihak yang berkepentingan dan data-data aktual lainnya yang berkaitan dengan kondisi saat ini. Sedangkan, data sekunder

yaitu data-data kearsipan yang diperoleh dari instansi terkait, serta data-data yang berpengaruh pada perencanaan.

Dalam perencanaan embung di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara ini data-data yang dikumpulkan adalah :

❖ Data topografi

Data ini digunakan untuk menentukan elevasi dan tata letak lokasi di mana akan didirikan embung.

❖ Data geologi

Data ini digunakan untuk mengetahui karakteristik batuan yang berguna untuk merencanakan struktur bendungan.

❖ Data hidrologi

Data ini berupa data klimatologi, evapotranspirasi dan data-data pendukung lainnya.

❖ Data tanah

Data tanah ini diperlukan untuk merencanakan pondasi yang akan dipakai, data ini berupa data mekanika tanah yang meliputi :

- Sudut geser dalam (ϕ)
- Nilai kohesi (c)
- Kadar air (w)
- Berat isi tanah kering (γ_d)
- Spesifik graviti (Gs)

III.3 Metodologi Perencanaan Embung

Metode perencanaan digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam perencanaan embung di PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara. Adapun metodologi perencanaan yang digunakan adalah :

Identifikasi Masalah

Untuk dapat mengatasi permasalahan secara tepat maka pokok permasalahan harus diketahui terlebih dahulu. Solusi masalah yang akan dibuat harus mengacu pada permasalahan yang terjadi.

Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam analisis data perhitungan dalam perencanaan embung.

Pengumpulan Data

Data digunakan untuk mengetahui penyebab masalah dan untuk merencanakan embung yang akan dibuat. Selain itu pengumpulan data dilakukan dengan wawancara langsung dengan narasumber untuk pemecahan masalah.

Analisa Data

Data yang telah didapat diolah dan dianalisis sesuai dengan kebutuhannya. Masing-masing data berbeda dalam pengolahan dan analisisnya. Dengan pengolahan dan analisa yang sesuai maka akan diperoleh variabel-variabel yang akan digunakan dalam perencanaan embung.

Perencanaan Konstruksi

Hasil dari analisa data digunakan untuk menentukan perencanaan konstruksi embung yang sesuai, dan tepat disesuaikan dengan kondisi-kondisi lapangan yang mendukung konstruksi embung tersebut.

Stabilitas Embung

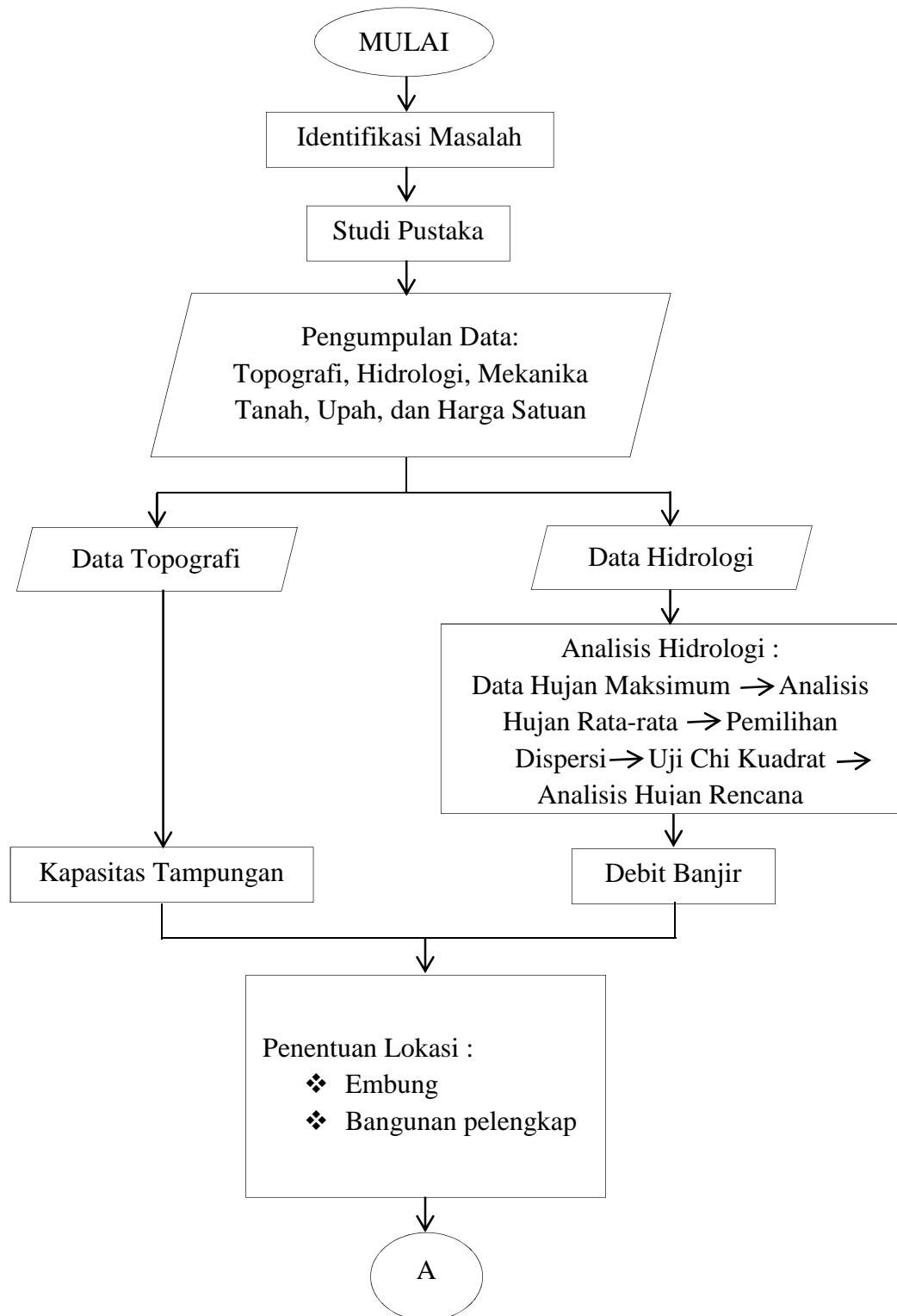
Dalam perencanaan konstruksi embung perlu adanya pengecekan apakah konstruksi tersebut sudah aman dari pengaruh gaya-gaya luar maupun beban yang diakibatkan dari konstruksi itu sendiri. Untuk itu perlu adanya pengecekan stabilitas konstruksi pada tubuh embung.

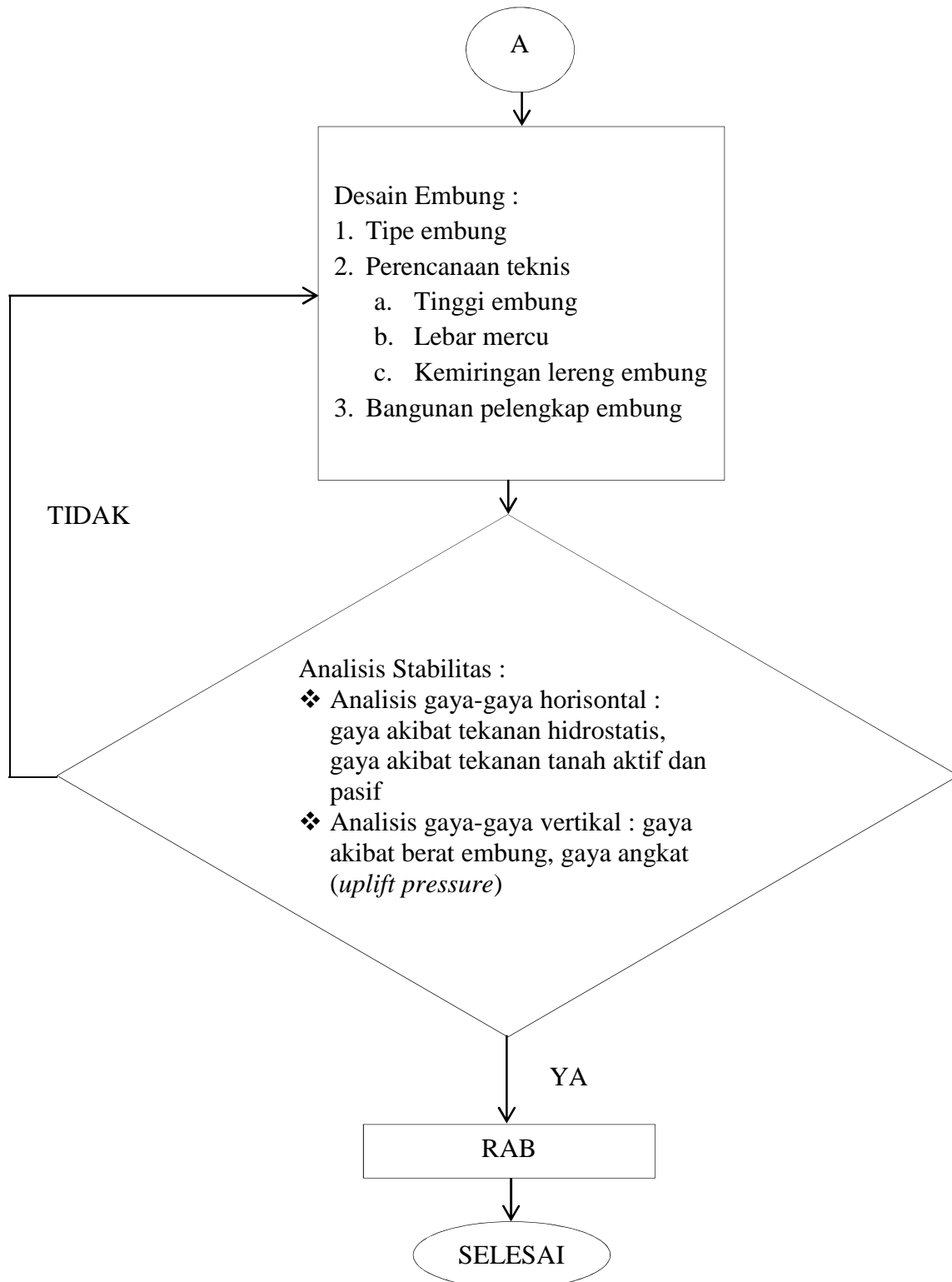
Rencana Anggaran Biaya

Biaya pembuatan embung yang direncanakan disusun secara rinci dalam Rencana Anggaran Biaya dan bangunan yang telah diperhitungkan dimensinya.

III.4 Bagan Alir Tugas Akhir

Keandalan hasil perencanaan erat kaitannya dengan alur kerja yang jelas, metoda analisis yang tepat dan kelengkapan data pendukung di dalam merencanakan embung. Adapun tahap-tahap analisis perencanaan embung adalah sebagai berikut :





Grafik 1. Bagan Alir Penelitian

VII. PENUTUP

VII.1. Kesimpulan

Dari penjelasan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut :

- a. Dalam menganalisis frekuensi sebaran curah hujan parameter syarat pemilihan metode sebaran menunjukkan bahwa Metode Sebaran Log Pearson III adalah satu-satunya metode yang memenuhi syarat. Lalu pemilihan metode ini di uji kecocokannya, menggunakan uji Chi-Kuadrat dan *Smirnov-Kolmogorov*.
- b. Debit banjir rencana ditentukan dengan beberapa metode. Namun metode yang dipilih adalah Metode Rasional karena DAS yang digunakan kurang dari 2,5 km². Dari hasil perhitungan debit rencana didapat sebesar 1,89 m³/detik dengan periode ulang 25 tahun.
- c. Besar debit andalan didapat menggunakan Metode *F.J. Mock*, hasilnya adalah 30 liter/detik.
- d. Pelimpah yang digunakan adalah tipe *Ogge* terbuka dan kolam olak menurut *Vlutger*.
- e. Stabilitas embung terhadap filtrasi dihitung dengan persamaan *Seepeage-line* dan digunakan pondasi kaki. Sedangkan stabilitas

terhadap longsor menggunakan Metode Irisan Bidang Luncur dan hasil perhitungan menunjukkan angka aman (1,2).

- f. Rencana Anggaran Biaya pembangunan Embung di PTPN 7, Unit Usaha Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara adalah sebesar Rp.4.263.000.000,- (empat milyar dua ratus enam puluh tiga ratus juta rupiah).

VII.2. Saran

Agar embung berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, maka hal yang harus diperhatikan adalah eksploitasi dan pemeliharaan harus dilakukan secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 18/PRT/M/2016 Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Umum*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta. 888 hlm.
- Anonim. 2017. *Format Penulisan Karya Ilmiah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 60 hlm.
- Alexander dan Harahab, Syarifuddin. 2009. *Perencanaan Embung Tambakboyo Kabupaten Sleman D.I.Y*. ITS. Surabaya. 414 hlm.
- Kaimana, I Made. 2012. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 216 hlm.
- Mawardi, Eman dan Memed, Moch. 2004. *Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis*. Alfa Beta. Yogyakarta. 148 hlm.
- Sub. Direktorat Perencanaan Teknis, Direktorat Irigasi I, Dirjen Pengairan. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan. Jakarta. 211 hlm.
- Sub. Direktorat Perencanaan Teknis, Direktorat Irigasi I, Dirjen Pengairan. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*. Galang Persada. Bandung. 251 hlm.
- Sub. Direktorat Perencanaan Teknis, Direktorat Irigasi I, Dirjen Pengairan. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Parameter Bangunan KP-04*. Galang Persada. Bandung. Bandung. 162 hlm.
- Sudiby. 2003. *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita. Banjarnegara. 424 hlm.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 1976. *Bendungan Type Urugan*. Pradnya Paramita. Jakarta. 377 hlm.
- Triatmodjo, Bambang. 1995. *Hidraulika 1*. Beta Offiset Yogyakarta. Yogyakarta. 186 hlm.

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta.
Yogyakarta. 351 hlm.