



TUGAS AKHIR RC-141501

STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU DENGAN *CUTOFF TRENCH* DI HULU TUBUH BENDUNGAN

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112 105 005

Dosen Pembimbing
Bambang Sarwono, Ir. Msc.
A.A.N. Satria Damarnegara, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR RC-141501

**STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU
DENGAN *CUTOFF TRENCH* DI HULU TUBUH
BENDUNGAN**

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112 105 005

Dosen Pembimbing
Bambang Sarwono, Ir. Msc.
A.A.N. Satria Damarnegara, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT RC-141501

**STUDY OF STABILITY MAIN DAM MARANGKAYU
WITH *CUTOFF TRENCH* AT *UPSTREAM* THE
DAM**

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112 105 005

Supervisor
Bambang Sarwono, Ir. Msc.
A.A.N. Satria Damarneegara, ST. MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU
DENGAN CUTOFF TRENCH DI HULU TUBUH
BENDUNGAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya


Oleh :

GUNTARTO ACHMADI
NRP. 3112 105 005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :


Ir. Bambang Satrio, Msc. (.....)

1953 0302 1987 01 10 01


A.A.N. Satria Damarnegara, ST., MT. (.....)

SURABAYA, Januari 2015

**STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU
DENGAN *CUTOFF TRENCH* DI HULU TUBUH
BENDUNGAN**

Nama Mahasiswa : Guntarto Achmadi
NRP : 3112 105 005
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Sarwono, Msc.
Dosen Pembimbing II : A.A.N. Satria Damarnegara, ST.,
MT.

ABSTRAK

Bendungan Marangkayu di Kabupaten Kutai Kertanegara, Propinsi Kalimantan Timur dibangun diatas tanah lunak, serta didesain dengan cutoff trench pada hulu tubuh bendungan, karena pada as pondasi bendungan sudah direncanakan dipasang PVD (Prefabricated Vertical Drain) yang berfungsi mempercepat proses konsolidasi.

Studi bendungan dengan cutoff trench pada sisi hulu ini akan menghitung stabilitasnya dibandingkan bendungan tanpa dipasang cutoff trench, menganalisa stabilitas saat bendungan selesai dibangun dalam keadaan kosong, saat bendungan dalam kondisi tampungan penuh (fullbank) dan saat terjadi penurunan muka air secara mendadak (Rapid Drawdown), perencanaan perbaikan pondasi dengan PVD, serta menganalisa biaya untuk pembangunan bendungan tersebut.

Dari hasil perhitungan didapat angka keamanan bendungan tanpa cutoff trench sebesar 1,24. Terjadi peningkatan angka keamanan pada bendungan dengan cutoff trench menjadi 1,46. Sedangkan biaya untuk pembangunan bendungan dan perbaikan pondasi sebesar Rp. 76.876.608.742,-

Kata kunci : *Cutoff Trench*, stabilitas bendungan, angka keamanan.

STUDY OF STABILITY MAIN DAM MARANGKAYU WITH *CUTOFF TRENCH* AT *UPSTREAM* THE DAM

Name of Student : Guntarto Achmadi
Number of Student : 3112 105 005
Major Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor I : Ir. Bambang Sarwono, Msc.
Supervisor II : A.A.N. Satria Damarnegara, ST., MT.

ABSTRACT

The Marangkayu Dam, Kutai Kertanegara Residence, East Kalimantan was built on soft soil , and designed with cutoff trench at the upstream of the embankment, because of it, the dam need PVD (Prefabricated Vertical Drain) to accelerate the process of consolidation.

Studies the cutoff trench on the upstream will calculate stability compared the dam without cutoff trench , analyze the stability when the dam was built, the dams in the condition fullbank, when the condition rapid drawdown, design of the foundation with PVD ,and analyzing cost for the construction of the dam.

The calculation of the dam safety factor (Fs) without cutoff trench 1.24. An increase in the dam safety factor at the dam with cutoff trench become 1.46 . Whereas the cost for the construction of the dam and foundation maintenance Rp. 76,876,608,742 , -

Keyword : *cutoff trench, embankment stability, safety factor.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah. SWT. atas segala ilmu, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Studi Kestabilan Bendungan Marangkayu Dengan *Cutoff Trench* di Hulu Bendungan". Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan, dukungan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT., atas segala ilmu, rahmat dan karunia-Nya.
2. Bapak Sudjanadi dan Ibu Sulamah, yang selalu memberi dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak pernah ada putusannya,
3. Bapak Ir. Bambang Sarwono, Msc. dan Bapak A.A.N. Satria Damarnegara, ST., MT selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir,
4. Bapak Ir. Soekibat Roedy Soesanto selaku dosen Waduk dan PLTA, yang meluangkan waktu dan bimbingannya dalam penyelesaian Tugas Akhir,
5. Bapak Cahya Buana ST., MT. selaku Dosen Wali,
6. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS,
7. Bapak Dr. Ir. Edijatno, selaku Sekretaris LJ Jurusan Teknik Sipil ITS,
8. Bapak dan Ibu Dosen – Dosen Hidroteknik Jurusan Teknik Sipil ITS khususnya,
9. Bapak dan Ibu Dosen – Dosen Jurusan Teknik Sipil ITS,
10. Teman-teman LJ S-1 ITS 2012, terima kasih atas semangat perjuangan yang telah diberikan,

11. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar di masa yang akan datang menjadi lebih baik. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi pembangunan demi mewujudkan kehidupan berbangsa yang lebih sejahtera, adil dan makmur sesuai UUD 1945. Dan penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini.

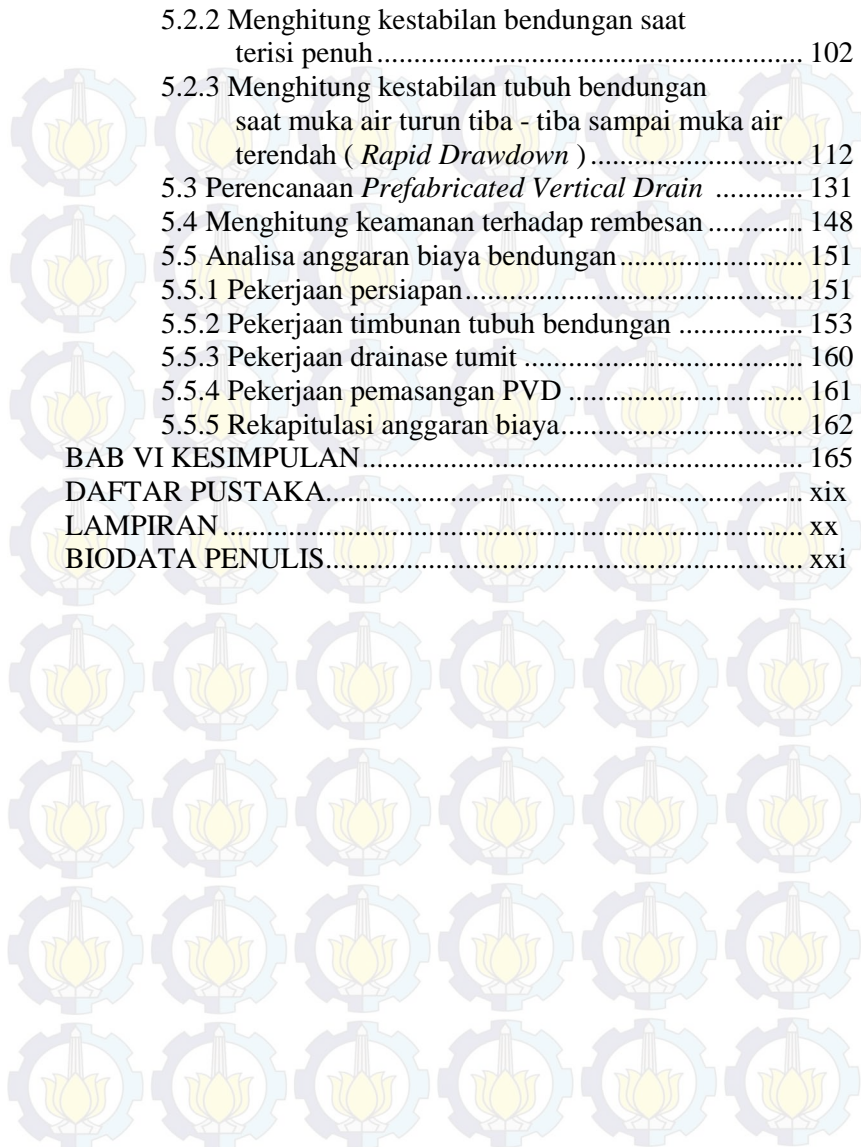
Surabaya, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Awal	5
2.2 Analisa Hidrologi	8
2.2.1 Menentukan curah hujan rata-rata	8
2.2.1.1 Arithmetic Mean	9
2.2.1.2 Thiessen Polygon	9
2.2.2 Analisa distribusi frekuensi	10
2.2.2.1 Metode Gumbel	11
2.2.2.2 Metode Log Person III	12
2.2.2.2 Perhitungan Qpmf	14
2.2.3 Uji kecocokan distribusi frekuensi	15
2.2.3.1 Uji distribusi probabilitas <i>Chi-Square</i>	16
2.2.3.1 Uji distribusi <i>Smirnov-Kolmogrov</i>	17
2.2.4 Hidrograf banjir	18
2.2.4.1 Debit banjir rencana	21
2.2.4.2 Lengkung Kapasitas Waduk	22
2.2.5 Penelusuran Banjir Waduk (<i>Flood Routing</i>)	23
2.2.6 Menghitung kebutuhan air baku	25

2.3 Perhitungan Bendungan	26
2.3.1 Perencanaan Tubuh bendungan.....	26
2.3.2 Tinggi bendungan.....	29
2.3.3 Analisa Stabilitas Bendungan.....	29
2.3.3.1 Beban bekerja pada bendungan urugan.....	30
2.3.3.2 Stabilitas lereng bendungan cutoff trench	34
2.3.3.3 Stabilitas bendungan terhadap aliran filtrasi	36
2.3.4 <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	39
2.3.4.1 Perencanaan Prakompresi Vertikal Drain	41
BAB III METODOLOGI	43
3.1 Umum.....	43
3.2 Studi Literatur	43
3.3 Pengumpulan Data	44
3.4 Analisa Tubuh Bendungan	44
3.4.1 Analisa Hidrologi	44
3.4.2 Analisa Kestabilan Tubuh Bendungan	45
3.5 Diagram Alir	45
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Analisa Hidrologi	47
4.2 Analisa Debit Banjir HSS Nakayasu.....	57
4.3 Menghitung Tampungan Bendungan	69
4.3.1 Menghitung Sedimen Sungai Marangkayu	71
4.3.1.1 Berat jenis Sedimen Awal W_i (initial)	71
4.3.1.2 Sedimen yang terjadi setelah T tahun.....	72
4.4 Menghitung Kebutuhan Air Baku	74
BAB V KESTABILAN LERENG TUBUH BENDUNGAN	75
5.1 Menghitung muatan gaya pada bendungan	75
5.1.1 Berat pada tubuh bendungan sendiri	75
5.1.2 Gaya akibat tekanan air pori.....	78
5.1.3 Gaya akibat tekanan hidrostatik	79
5.1.4 Gaya akibat gempa bumi.....	80
5.2 Menghitung dimensi bendungan dan stabilitasnya..	83
5.2.1 Kondisi tubuh bendungan lembab segera setelah tubuh bendungan selesai dibangun.....	85



5.2.2 Menghitung kestabilan bendungan saat terisi penuh	102
5.2.3 Menghitung kestabilan tubuh bendungan saat muka air turun tiba - tiba sampai muka air terendah (<i>Rapid Drawdown</i>)	112
5.3 Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	131
5.4 Menghitung keamanan terhadap rembesan	148
5.5 Analisa anggaran biaya bendungan	151
5.5.1 Pekerjaan persiapan	151
5.5.2 Pekerjaan timbunan tubuh bendungan	153
5.5.3 Pekerjaan drainase tumit	160
5.5.4 Pekerjaan pemasangan PVD	161
5.5.5 Rekapitulasi anggaran biaya	162
BAB VI KESIMPULAN	165
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN	xx
BIODATA PENULIS	xxi

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Periode Ulang dengan Reduksi Variant (y_T).....	11
Tabel 2.2 Nilai K Menggunakan Metode Log Person III.....	13
Tabel 2.3 Delta Kritis (dcr) untuk Distribusi <i>Smirnov Kolmogorov</i>	18
Tabel 2.4 Klasifikasi Bendungan urugan berdasar material penyusun.....	28
Tabel 2.5 Percepatan gempa dasar untuk periode ulang,,T 33	
Tabel 2.6 Faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat	33
Tabel 2.7 Parameter untuk desain bendungan tipe urugan tanah	35
Tabel 4.1 Data curah hujan dari tahun 1978 s/d 2005.....	47
Tabel 4.2 Hasil pengolahan data dengan metode Log Pearson type III.....	48
Tabel 4.3 Hasil perhitungan dengan Metode Gumbel.....	49
Tabel 4.4 Perhitungan Uji Kesesuaian distribusi Log Pearson type III dengan metode Chi Square	52
Tabel 4.5 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi dengan Metode <i>Smirnov Kolmogorov</i>	53
Tabel 4.6 Tabel curah hujan efektif saat T tahun	57
Tabel 4.7 Tabel curah hujan jam – jaman (mm)	58
Tabel 4.8 Tabel saat kurva Nakayasu naik.....	59
Tabel 4.9a Tabel saat kurva Nakayasu turun.....	59
Tabel 4.9b Tabel saat kurva Nakayasu turun	59
Tabel 4.9c Tabel saat kurva Nakayasu turun, $t > 12,02$	60
Tabel 4.10 Tabel Qpmf untuk 2 tahun.....	60
Tabel 4.11 Tabel Qpmf untuk 5 tahun.....	61
Tabel 4.12 Tabel Qpmf untuk 10 tahun.....	62
Tabel 4.13 Tabel Qpmf untuk 25 tahun.....	63
Tabel 4.14 Tabel Qpmf untuk 50 tahun.....	64
Tabel 4.15 Tabel Qpmf untuk 100 tahun.....	65
Tabel 4.16 Tabel Qpmf untuk 1000 tahun.....	66
Tabel 4.17 Tabel Qpmf untuk penelusuran banjir.....	67

Tabel 4.18 Luas Genangan terhadap elevasi dan Isi Bendungan	70
Tabel 4.19 Tabel sedimen selama 100 tahun.....	72
Tabel 4.20 Volume sedimen selama 100 tahun.....	72
Tabel 5.1 Tabel perhitungan Gaya berat bendungan saat kosong	76
Tabel 5.2 Tabel perhit. Gaya berat bendungan saat <i>fullbank</i>	77
Tabel 5.3 Percepatan gempa dasar untuk periode ulang, T	81
Tabel 5.4 Faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat	82
Tabel 5.5 Data Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah	86
Tabel 5.6 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan selesai dibangun dan kosong tanpa cutoff trench.....	89
Tabel 5.7 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan kosong dengan <i>cutoff trench</i>	90
Tabel 5.8 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan selesai dibangun dan kosong lereng 1:3 R = 51,6 m.....	98
Tabel 5.9 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan selesai dibangun dan kosong lereng 1:3 R = 44,3 m.....	99
Tabel 5.10 Letak titik garis phreatik untuk lereng 1 : 3	103
Tabel 5.11 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan saat terisi penuh dengan kemiringan lereng 1: 3 pada sisi Hilir ..	106
Tabel 5.12 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan saat terisi penuh dengan R = 44,3 m drainase tumit di hilir	109
Tabel 5.13 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan saat terisi penuh dengan R =44,3 m kemiringan lereng 1: 3 pada sisi Hilir	110
Tabel 5.14 Garis phreatik pada bendungan dengan Toe Drain saat Kondisi Air Maksimum (Hmax.)	113
Tabel 5.15 Garis phreatik pada bendungan dengan Toe Drain saat Kondisi Air $\frac{3}{4}$ Hmax	113
Tabel 5.16 Garis phreatik pada bendungan dengan Toe Drain saat Kondisi Air $\frac{1}{2}$ Hmax	114
Tabel 5.17 Garis phreatik pada bendungan dengan Toe Drain saat Kondisi Air $\frac{1}{4}$ Hmax	117
Tabel 5.18 Perhitungan Rapid Drawdown saat Hmax pada bendungan R = 51,6m.....	113

Tabel 5.19 Perhitungan Rapid Drawdown saat Hmax pada bendungan R = 44.3 m.....	118
Tabel 5.20 perhitungan saat terisi penuh turun tiba-tiba sampai muka air $\frac{3}{4}$ Hmax	120
Tabel 5.21 Kondisi Bendungan saat terisi penuh turun tiba-tiba sampai muka air $\frac{1}{2}$ Hmax R = 51,6 m	123
Tabel 5.22 Kondisi Bendungan saat terisi penuh turun tiba-tiba sampai muka air $\frac{1}{2}$ Hmax R = 44.3 m	124
Tabel 5.23 Perhitungan Kondisi Bendungan saat terisi penuh turun tiba-tiba sampai muka air $\frac{1}{4}$ Hmax	126
Tabel 5. 24 Rekapitulasi angka keamanan R = 51,6 m	128
Tabel 5. 25 Rekapitulasi angka keamanan bendungan dengan R = 44,3 m	128
Tabel 5. 26 Rekapitulasi angka keamanan dari Plaxis	125
Tabel 5.27 Perhitungan Preloading dengan beban setinggi 3 m	133
Tabel 5.28 Perhitungan Preloading dengan beban setinggi 4 m	134
Tabel 5.29 Perhitungan Preloading dengan beban setinggi 5 m	135
Tabel 5.30 Perhitungan Preloading dengan beban setinggi 7 m	136
Tabel 5.31 Tabel H initial dan H final.....	137
Tabel 5.32 Menghitung pola segitiga untuk pemasangan PVD	139
Tabel 5.33 Menghitung konsolidasi tiap minggu	140
Tabel 5.34a Menghitung konsolidasi pola segitiga untuk pemasangan PVD dengan jarak S = 0,5 m(a).....	141
Tabel 5.34b Menghitung konsolidasi pola segitiga untuk pemasangan PVD dengan S = 0,8 m (b).....	142
Tabel 5.3c Menghitung konsolidasi pola segitiga untuk pemasangan PVD dengan jarak S = 1,0 m(c).....	143
Tabel 5.34d Menghitung konsolidasi pola segitiga untuk pemasangan PVD dengan jarak S = 1,2 m (d).....	144
Tabel 5.34e Menghitung konsolidasi pola segitiga untuk pemasangan PVD dengan jarak S = 1,5 m(e).....	145
Tabel 5.34f Menghitung konsolidasi pola segitiga untuk pemasangan PVD dengan dan S = 2,0 m (f).....	146
Tabel 5.35 Tabel kecepatan aliran rembesan	150
Tabel 5.36 Perhitungan Analisa Harga Satuan Mobilisasi	152

Tabel 5.37	Perhitungan Analisa Harga Satuan <i>Land Clearing</i>	153
Tabel 5.38	Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian Pondasi	155
Tabel 5.39	Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian <i>Cutoff Trench</i>	156
Tabel 5.40	Perhitungan Analisa Harga timbunan tanah.....	158
Tabel 5.41	Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian Filter....	159
Tabel 5.42	Perhitungan Analisa Harga Satuan <i>Toedrain</i>	161
Tabel 5.43	Perhitungan Analisa Harga Satuan Pemasangan PVD	162
Tabel 5.44	Perhitungan Volume Pekerjaan bendungan	163
Tabel 5.45	Rekapitulasi Analisa Harga Satuan	164

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Bendungan Marangkayu, Kab. Kutai Kertanegara Propinsi Kalimantan Timur	1
Gambar 2.1	Pembagian daerah stasiun hujan	9
Gambar 2.2	Bentuk hidrograf satuan sintetik Nakayasu	20
Gambar 2.3	Grafik hubungan Elevasi, luas dan Volume	22
Gambar 2.4	Bendungan dengan <i>cutoff trench</i>	29
Gambar 2.5	Beban yang bekerja pada lereng hulu tubuh bendungan	30
Gambar 2.6	Gaya – gaya yang bekerja pada irisan metode Fellenius	35
Gambar 2.7	Garis depresi bendungan	37
Gambar 2.8	Sketsa potongan melintang bendungan dengan PVD	39
Gambar 2.9	Pola pemasangan PVD	40
Gambar 2.10	Grafik hubungan Penurunan (H) dengan waktu (t logaritmik) untuk harga Cv dan C	41
Gambar 3.1	Diagram Alir Studi Bendungan Marangkayu Dengan <i>Cutoff Trench</i> di Hulu Tubuh Bendungan	46
Gambar 4.1	Grafik hubungan faktor penyesuaian Xr dan Xr-m/Xr	55
Gambar 4.2	Grafik hubungan faktor penyesuaian Sn dan Sn-m/Sn	56
Gambar 4.3	Kurva Q_{PMF} Sungai Marangkayu	68
Gambar 4.4	Menentukan As dari rencana tubuh bendungan	69
Gambar 4.5	Profil memanjang as bendungan	69
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Elevasi, Luas dan Isi Bendungan..	70
Gambar 4.7	Menentukan elevasi <i>dead storage</i>	73
Gambar 5.1	Gaya berat bendungan dibawah garis preatik	75
Gambar 5.2	Gaya berat bendungan diatas garis preatik	75
Gambar 5.3	Garis Phreatik pada bendungan	78
Gambar 5.4	Gaya Hidrostatik pada bendungan	79

Gambar 5.5 Peta zonasi gempa Indonesia (Sumber PD T-14 tahun 2004-A Tentang Bendungan dan Gempa)	80
Gambar 5.6 Potongan melintang tubuh bendungan	83
Gambar 5.7 Detail <i>Cutoff Trench</i>	84
Gambar 5.8 Potongan melintang bendungan tanpa <i>cutoff trench</i>	87
Gambar 5.9 Potongan melintang bendungan dengan <i>cutoff</i>	88
Gambar 5.10 Gambar displacement saat bendungan kosong	91
Gambar 5.11 Grafik Fs saat bendungan kosong.....	92
Gambar 5.12 Gambar <i>Displacement</i> saat bendungan dengan <i>cutoff trench</i> kosong.....	92
Gambar 5.13 Grafik Fs saat bendungan dengan <i>cutoff trench</i> kosong	92
Gambar 5.14 Menggambar Potongan Melintang Bendungan dengan lereng 1:3	94
Gambar 5.15 Menggambar Potongan Melintang Bendungan dengan lereng 1:3 R = 51,6 m	96
Gambar 5.16 Menggambar Potongan Melintang Bendungan dengan lereng 1:3 dengan R = 44,3 m	97
Gambar 5.17 Gambar <i>incremental shears</i> saat bendungan kosong	100
Gambar 5.18 Proses perhitungan angka keamanan Fs dengan program <i>Plaxis</i>	101
Gambar 5.19 Grafik nilai Fs saat bendungan kosong	101
Gambar 5.20 Kondisi Bendungan saat terisi penuh dengan garis phreatik dihilir sesuai tabel 5.10.....	102
Gambar 5.21 Perhitungan gaya saat kondisi bendungan saat terisi penuh dengan kemiringan lereng 1: 3 pada sisi Hilir.....	105
Gambar 5.22 Garis rembesan saat kondisi bendungan terisi penuh dengan drainase tumit dihilir	108
Gambar 5.23 Gambar <i>incremental shears</i> saat bendungan <i>fullbank</i>	111
Gambar 5.24 Grafik nilai Fs saat bendungan <i>fullbank</i>	112
Gambar 5.25 Kondisi Bendungan dengan R = 51,6 m saat terisi penuh turun tiba-tiba dari Hmax = 11,5 m	115

Gambar 5.26 Kondisi Bendungan dengan $R = 44,3$ m saat terisi penuh turun tiba-tiba dari $H_{max} = 11,5$ m	116
Gambar 5.27 Perhitungan <i>Rapid Drawdown</i> saat $\frac{3}{4} H_{max}$	119
Gambar 5.28 Kondisi Bendungan dengan $R = 51,6$ m saat terisi penuh turun tiba-tiba dari $\frac{1}{2} H_{max} = 5,75$ m	121
Gambar 5.29 Kondisi Bendungan Dengan $R = 44,3$ m saat terisi penuh turun tiba-tiba dari $\frac{1}{2} H_{max} = 5,75$ m	122
Gambar 5.30 Gambar bendungan saat terisi penuh turun tiba-tiba sampai muka air $\frac{1}{4} H_{max}$	125
Gambar 5.31 F_s perhitungan saat terisi penuh turun tiba-tiba $\frac{3}{4}$ dari H_{max}	129
Gambar 5.32 Bendungan saat terisi penuh turun tiba-tiba $\frac{1}{2}$ dari H_{max}	129
Gambar 5.33 Bendungan saat terisi penuh turun tiba-tiba $\frac{1}{4}$ dari H_{max}	129
Gambar 5.34 Grafik angka keamanan bendungan kiri – kanan menunjukkan H_{max} , $\frac{3}{4} H_{max}$, $\frac{1}{2} H_{max}$ dan $\frac{1}{4} H_{max}$.	130
Gambar 5.35 <i>Preloading</i> setinggi $h = 3$ m	131
Gambar 5.36 Grafik Oesterberg hubungan I dan b/z	132
Gambar 5.37 Grafik hubungan H initial dan H final.....	137
Gambar 5.38 Grafik hubungan penurunan S_c kumulatif dan H_{final}	138
Gambar 5.39 Grafik hubungan derajat konsolidasi (U) dan waktu (minggu) dengan variasi jarak s	146
Gambar 5.40 Gambar trayektori pada tubuh bendungan.....	148
Gambar 5.41 Aliran rembesan pada tubuh bendungan.....	150

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lokasi bendungan Marangkayu secara geografis terletak antara $00^{\circ}01'$ LS hingga $00^{\circ}15'$ LS dan $117^{\circ}15'$ BT hingga $117^{\circ}30'$ BT. Sedangkan secara administratif terletak di wilayah administratif Kecamatan Marangkayu, Kabupaten Kutai Kertanegara, Propinsi Kalimantan Timur batas administrasi yaitu :

- Sebelah Utara : Berbatasan dengan Kota Bontang dan Kabupaten Kutai Timur
- Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Kecamatan Muarabadak
- Sebelah Barat : Berbatasan dengan Kecamatan Muarakaman
- Sebelah Timur : Berbatasan dengan Selat Makassar



Gambar 1.1 Peta Lokasi Bendungan Marangkayu, Kab. Kutai Kertanegara Propinsi Kalimantan Timur

Salah satu aspek yang ditinjau pada bendungan kategori besar yaitu kestabilan tubuh bendungan. Bendungan dengan tinggi 10 m sampai dengan 15 m dapat dikategorikan besar menurut *ICOLD (International Commision On Large Dams)* apabila memenuhi persyaratan berikut :

- a. Panjang puncak bendungan tidak kurang dari 500 m.
- b. Debit banjir maksimal yang diperhitungkan tidak kurang dari 2000 m³/detik.
- c. Kapasitas bendungan lebih dari 1.000.000 m³.
- d. Bendungan menghadapi kesulitan - kesulitan khusus pada pondasinya.
- e. Bendungan didesain tidak seperti biasanya.

Begitu juga bendungan Marangkayu yang dikonstruksi diatas tanah lunak, kestabilan menjadi salah satu kunci keberhasilan pembangunannya. Dan penanganan agar bendungan stabil diatas tanah lunak yaitu dengan mengganti pondasi dengan tanah yang memenuhi syarat untuk timbunan bendungan dan memasang *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*. PVD ini merata dipasang pada tubuh bendungan, sehingga cutoff trench yang semula dipasang di as bendungan, digeser ke hulu dari tubuh bendungan.

Fungsi utama Bendungan Marangkayu adalah untuk mengaliri Daerah Irigasi (DI) Marangkayu seluas 1500 Ha. Disamping itu untuk keperluan air baku, pengendali banjir dan sarana wisata.

1.2 Perumusan Masalah

- a. Menganalisa stabilitas bendungan dengan letak *cutoff trench* di hulu tubuh bendungan.
- b. Perbandingan *Safety Factor* antara Tubuh Bendungan ada *Cutoff trench* dengan Tubuh Bendungan *tanpa Cutoff trench*.
- c. Analisa biaya untuk perbaikan pondasi bendungan dan biaya pekerjaan tubuh bendungan Marangkayu.

1.3 Maksud dan Tujuan

- a. Mengetahui tingkat keamanan dan stabilitas tubuh bendungan saat :
 - Bendungan saat selesai dibangun kondisi kosong
 - Saat kondisi air penuh (*Fullbank*)
 - Saat kondisi penurunan muka air genangan secara tiba – tiba (*Rapid Drawdown*)
 - Analisa stabilitas tubuh bendungan terhadap aliran filtrasi.

Stabilitas bendungan tersebut dibandingkan dengan tubuh bendungan tanpa *Cutoff trench*.

- b. Untuk mempercepat konsolidasi pada tanah lunak adalah membuat jalan air yang dikandung tanah tersebut. Maka pemasangan PVD pada pondasi bertujuan untuk meluluskan air secara vertikal, lalu di dialirkan secara horizontal oleh lapisan drain tubuh bendungan ke hilir. Dengan mempercepat konsolidasi, kestabilan tubuh bendungan meningkat. Disamping itu lama waktu untuk konsolidasi dapat diketahui.
- c. Biaya yang diperlukan untuk perbaikan pondasi tubuh bendungan dan biaya pekerjaan tubuh bendungan Marangkayu

1.4 Batasan Masalah

- a. Letak as bendungan sesuai dengan data gambar.
- b. Tidak merencanakan bangunan pelimpah.
- c. Tidak meninjau desain struktur bangunan pengelak.
- d. Mengabaikan instrumentasi di tubuh bendungan.
- e. Letak *Cutoff Trench* di ujung hulu bendungan.
- f. Tidak merencanakan PLTMH
- g. Tidak menghitung kebutuhan air irigasi.

1.5 Manfaat

- a. Kestabilan dan keamanan tubuh bendungan Marangkayu.
- b. Mengetahui lama waktu konsolidasi.
- c. Mengetahui anggaran biaya yang diperlukan untuk perbaikan pondasi dan pekerjaan tubuh bendungan Marangkayu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Awal

Kegiatan Perencanaan Bendungan Marangkayu oleh CV. Teknik Cipta yang fungsi utamanya sebagai tampungan air untuk mensuplai kebutuhan irigasi Daerah Irigasi (DI) Marangkayu seluas 1500 Ha. Berikut data teknis Bendungan Marangkayu sebagai berikut :

Data Teknis Bendungan

A. Karakteristik Fisik dan Fungsi

- a. Luas catchment area waduk : 134.310 km²
- b. Luas daerah genangan waduk : 258,15 Ha
- c. Volume Tampungan : 9,3 Juta m³
- d. Luas daerah Irigasi yang dilayani : 1500 Ha
- e. Suplesi Air Baku : 200 lt/dtk

B. Tubuh Bendungan

- a. Tipe : Urugan
Tanah Homogen
- b. Elevasi Dasar Bendungan : +100,00 El.m
- c. Elevasi Puncak Bendungan : +114,40 El.m
- d. Muka Air Normal (MAN) : +110,00 El.m
- e. Muka Air Tinggi (MAT) : +113,22 El.m
- g. Tinggi bendungan : 14,40 m
(tidak termasuk pondasi)
- h. Lebar Puncak Bendungan : 6,0 m
- i. Kemiringan Hulu : 1 : 4,0
- j. Kemiringan Hilir : 1 : 4,0
- k. Panjang Bendungan : 803,30 m

C. Bangunan Pengelak

a. Coverdam

- Konstruksi : Timbunan tanah biasa dipadatkan.

- Letak/posisi : Bagian hulu dan hilir bendungan.
- Tinggi bangunan : 3,70 m, Elevasi + 103,70 m.
- Panjang : Bagian hulu : 609 m
Bagian hilir : 599 m
- Lebar puncak : 4 m
- Kemiringan Hulu/Hilir : 1 : 1

b. Saluran Pengelak

- Tipe : Box culvert
- Lebar saluran : 3 m
- Tinggi Saluran : 3 m
- Jumlah : 2 buah
- Panjang : 110 m
- Kemiringan dasar : 0.0091 m
- Elevasi *Inlet* : + 100,00 El.m
- Elevasi *Outlet* : + 99,00 El.m
- Kapasitas : 196,40 m³/detik
- Konstruksi : konstruksi beton bertulang

D. Bangunan Pelimpah

a. Bangunan Pelimpah

- Tipe : Pelimpah samping
- Tipe pelimpah : free overflow (oggee)
- Elevasi Puncak : +110,00
- Lebar Pelimpah : 60,00 m
- Lebar Saluran Samping : hulu : 25,00 m
hilir : 30,00 m
- Kemiringan dasar Saluran Samping : 0,05
- Banjir rencana *outflow* : $Q_{PMF}(890,888 \text{ m}^3/\text{dt})$
- Konstruksi : Konstruksi Beton Bertulang

b. Bagian Hilir (Transisi, Peluncur dan Peredam Energi)

Saluran Transisi

- Panjang saluran transisi : 80,00 m

- Lebar saluran transisi : 30,00 – 25,00 m
- Kemiringan dasar sal. transisi : 0,0125
- Konstruksi : Konstruksi Beton Bertulang

Saluran Peluncur

- Panjang saluran peluncur : 40,00 m
- Lebar : 25,00 m
- Kemiringan dasar sal. peluncur : 0,116
- Konstruksi : Konstruksi Beton Bertulang

Peredam Energi

- Panjang peredam energi : 20,00 m
- Konstruksi : Konstruksi Beton Bertulang

E. Bangunan Pengambilan (*Intake*)

- a. Tipe : Saluran Terbuka
- b. Elevasi dasar : + 104 m
- c. Dimensi pintu : 1 x t = 2,00m x 1.00m
- d. Jumlah : 2 buah

F. Bangunan Bendung Regulator

- a. Lebar Bendung : 30 m
- b. Lebar Bendung Efektif : 29 m
- c. Tinggi Mercu : 1,25 m
- d. Elevasi Mercu : + 94,85 m
- e. Elevasi Lantai Apron : + 93,60 m
- f. Panjang Lantai Apron : 10 m
- g. Tipe Kolam Olak : USBR Tipe III
- h. Panjang Kolam Olak : 10 m
- i. Pintu Intake : 1 buah (l = 1 m)

G. Jaringan irigasi dan bangunannya

- a. Jaringan Irigasi : 35.393 m²

- b. Bangunan Bagi sadap, Sadap : 14 buah
- c. Bangunan Pelengkap : 18 buah

Sumber : CV. Teknika Cipta Konsultan

2.2 Analisa Hidrologi

Dalam sebuah perencanaan bangunan air, data curah hujan dan analisa hidrologi merupakan salah satu bagian terpenting. Informasi debit akan menjadi data penting untuk mengetahui kapasitas tampung sebuah bangunan air, dalam hal ini sebuah bendungan. Adapaun dalam sebuah analisa hidrologi, diperlukan tahapan-tahapan untuk mendapatkan informasi yang diinginkan.

Berikut tahapan analisa hidrologi :

1. Perhitungan curah hujan rata-rata
2. Analisa distribusi frekuensi
3. Uji kesesuaian distribusi frekuensi
4. *Hydrograph* Banjir Analisa debit banjir rencana
5. Penelusuran banjir
6. Menentukan kebutuhan air baku PDAM
7. Kebutuhan air untuk PLTMH.

2.2.1 Menentukan curah hujan rata-rata

Di dalam sebuah perhitungan curah hujan rata-rata, ada beberapa metode yang digunakan. Metode yang ada antara lain *Arithmetic Mean* (Metode Rata-Rata Aritmatik) , *Thiessen Polygon* dan *Isoyhet*. Akan tetapi, dalam perhitungan curah hujan rata-rata di sini hanya akan menggunakan dua metode saja yaitu rata-rata Aritmatik dan *Thiessen Polygon*.

2.2.1.1 Arithmetic Mean

Perhitungan curah hujan rata-rata dengan metode rata-rata aritmatik digunakan apabila terdapat banyak stasiun hujan di DAS. Cara ini merupakan cara paling sederhana karena mengasumsi sifat curah hujan seragam di beberapa stasiun.

Cara perhitungan dengan *arithmetic mean* adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + R_3 \dots \dots + R_n) \dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

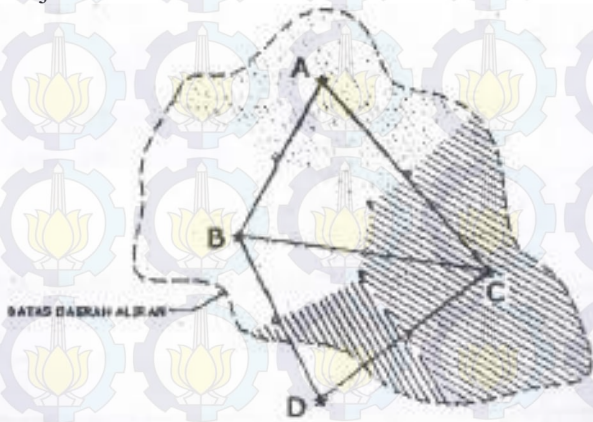
R = curah hujan rata-rata aliran

n = banyak stasiun hujan

R_i = curah hujan setiap stasiun hujan

2.2.1.2 Thiessen Polygon

Metode ini memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun hujan yang bersangkutan (luas daerah pengaruh) seperti terlihat gambar 2.1. Perbandingan luas daerah pengaruh dengan luas daerah aliran yang digunakan sebagai faktor/koeffisien dalam menghitung hujan rata-rata.



Gambar 2.1 Pembagian Daerah Stasiun Hujan

- Koefisien Thiessen untuk stasiun-stasiun hujan tersebut :

$$W_a = \frac{A_a}{A} ; W_b = \frac{A_b}{A} ; W_c = \frac{A_c}{A} ; W_d = \frac{A_d}{A}$$

- Hujan rata-rata di daerah aliran :

$$\bar{R} = W_a \cdot R_a + W_b \cdot R_b + W_c \cdot R_c + W_d \cdot R_d \dots + W_n \cdot R_n \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

R = hujan rata-rata

R_i = tinggi hujan pada stasiun

W_i = koefisien Thiessen pada stasiun *i*

n = banyaknya stasiun hujan

Curah hujan daerah maksimum dihitung dengan metode Thiessen. Curah hujan maksimum pada satu stasiun hujan dan curah hujan pada hari yang sama dari stasiun hujan lain dikalikan dengan koefisien Thiessen dari masing-masing stasiun. Kemudian, dari hasil perhitungan diambil nilai maksimum untuk tiap tahunnya.

2.2.2 Analisa distribusi frekuensi

Analisa distribusi frekuensi digunakan untuk mendapatkan besaran curah hujan rencana yang ditetapkan berdasarkan patokan sesuai perencanaan. Analisa ini diperlukan untuk mendapatkan relevansi curah hujan rencana pada periode ulang rencana seperti 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun.

Curah hujan rencana sesuai periode ulang 50 tahun yang ditentukan menggunakan dua metode perhitungan yaitu Metode Gumbel dan metode Log Person Type III. Penentuan metode yang tepat untuk analisa distribusi frekuensi akan dilakukan cek kesesuaian bergantung pada data dan fungsi kebutuhan.

2.2.2.1 Metode Gumbel

$$X_T = X_r + K \cdot \sigma_{n-1} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

X_T : curah hujan rencana pada periode ulang tertentu

T : periode ulang rencana

X_r : curah hujan rata-rata

$$X_r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

σ_{n-1} : standar deviasi

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

K : faktor frekuensi dari periode ulang

$$K = \frac{y_T - \bar{y}_n}{S_n}$$

y_T : nilai varian terkoreksi periode ulang, dimana

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

Nilai \bar{y}_n dan S_n dapat dilihat di Tabel 7.3 dan 7.4

Tabel 2.1 Hubungan Periode Ulang dengan Reduksi Variant (y_T)

T	y_T
2	0,3065
5	1,4999
10	2,2504
20	2,9702
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : Kamiana, 2010

Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient, Cs*)

$$Cs = \frac{N \sum (X - \bar{X})^3}{(N-1) (N-2) (\sigma_x)^3} \dots\dots\dots (2.4)$$

Koefisien Ketajaman (*Curtosis Coefficient, Ck*)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \dots\dots (2.5)$$

Koefisien Variasi (*Variant Coefficient, Cv*)

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{X}} \dots\dots(2.6)$$

2.2.2.2 Metode Log Person III

Perhitungan curah hujan dan periode ulang rencana dengan menggunakan metode ini dengan beberapa perumusan di bawah ini :

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{Log}Xr} + K \cdot \sigma_{n-1} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan

$\text{Log}X_T$: Logaritma curah hujan rencana pada periode ulang tertentu

$\overline{\text{Log}Xr}$: Nilai rata-rata logaritma curah hujan rencana

K : Koefisien distribusi Log Person III (lihat Tabel 2.3)

σ_{n-1} : standar deviasi

Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient, Cs*)

$$C_s = \frac{N \sum (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^3}{(N-1)(N-2)(\sigma_{\text{Log}X})^3} \dots\dots (2.8)$$

Koefisien Ketajaman (*Curtosis Coefficient, Ck*)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\text{Log}X - \overline{\text{Log}X})^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \dots\dots (2.9)$$

Koefisien Variasi (*Variant Coefficient, Cv*)

$$C_v = \frac{\sigma_{\text{Log}X}}{\overline{\text{Log}X}} \dots\dots (2.10)$$

Tabel 2.2 Nilai K Menggunakan Metode Log Person III

Cs	Periode Ulang Rencana						
	2	10	25	50	100	200	1000
3,0	-0,396	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-3,300	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	1,340	1,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	1,336	1,980	2,453	2,891	3,312	4,250
Cs	Periode Ulang Rencana						
	2	10	25	50	100	200	1000
0,7	-0,116	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	1,292	1,745	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675

-0,4	0,066	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,880
-1,4	0,225	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,8	0,282	0,945	1,035	1,069	1,088	1,097	1,130
-2,2	3,300	0,844	0,866	0,900	0,905	0,907	0,910
-3,0	0,396	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Dalam perhitungan distribusi frekuensi, maka dilakukan menurut urutan sebagai berikut :

1. Hitung besaran statistik sesuai data hidrologi seperti rata-rata curah hujan, standar deviasi (σ), Cs, Ck dan Cv
2. Berdasarkan nilai statistik di atas, dapat ditentukan jenis perhitungan frekuensi yang dapat digunakan
3. Data diurutkan dari kecil ke besar atau sebaliknya
4. Lakukan uji distribusi frekuensi yang sesuai
5. Dilakukan uji kecocokan dengan menggunakan metode *Chi Square* atau Metode *Smirnov-Kolmogorov*

2.2.2.3 Perhitungan Q_{PMF} (debit *probable maximum precipitation*)

Dalam perencanaan kali ini, diperhitungkan juga nilai debit saat PMP (Probable Maximum Precipitation), dengan lama pengukuran tiap harinya adalah 24 jam. Berikut adalah perhitungannya :

a. Nilai rata-rata

X_r : nilai rata-rata

X_{r-m} : nilai rata-rata baru tanpa nilai maksimum

Faktor koreksi (%) dari $Xr - m / Xr$ dilihat pada grafik.

b. *Standar deviasi*

σ_{n-1} : standar deviasi

σ_{n-1-m} : standar deviasi baru tanpa nilai maksimum

Faktor koreksi (%) dari $\sigma_{n-1} - m / \sigma_{n-1}$ dilihat pada grafik.

c. *Variabel statistic (Km)*

Xr terkoreksi = Xr . faktor koreksi (mm)

σ_{n-1} terkoreksi = σ_{n-1} . faktor koreksi (mm)

Dengan menggunakan grafik Hubungan antara Km dengan fungsi durasi dan rata-rata hujan tahunan, maka nilai Km.

d. *Perhitungan besar terpusat (Xm)*

$\bar{X}m = Xr \text{ terkoreksi} + Km \cdot \sigma_{n-1} \text{ terkoreksi}$

Faktor reduksi akibat luasan DAS $> 25\text{km}^2$, maka faktor reduksi 96,5%. Jika DAS $< 25\text{km}^2$, tidak diperlukan faktor reduksi.

e. *Waktu interval pengamatan*

Faktor interval waktu pengamatan, komponen yang dibutuhkan adalah lama pengukuran dalam tiap hari yaitu 24 jam, sehingga didapat 1,13.

f. *Harga PMP untuk basin rainfall*

$X_{PMP} = \text{faktor reduksi} \cdot \text{faktor interval} \cdot Xm$ (mm)

2.2.3 Uji kecocokan distribusi frekuensi

Di dalam sebuah pengujian distribusi frekuensi data atau sampel maka masih diperlukan sebuah uji kesesuaian atau kecocokan. Uji kecocokan distribusi frekuensi dibutuhkan untuk membuktikan apakah fungsi distribusi probabilitas telah sesuai dengan distribusi frekuensi. Adapun metode yang dibutuhkan untuk uji kecocokan ini adalah :

1. *Metode Chi-Square*

2. Metode *Smirnov-Kolmogorov*

Jika memenuhi kedua jenis uji di atas, maka fungsi distribusi probabilitas memenuhi syarat distribusi frekuensi.

2.2.3.1 Uji distribusi probabilitas *Chi-Square*

Uji distribusi probabilitas menggunakan uji *Chi-Square* merupakan uji vertikal. Uji vertikal ini sendiri digunakan untuk menguji simpangan secara vertikal dapat diterima oleh syarat distribusi frekuensi. *Chi-Square* menggunakan nilai kuadrat simpangan atau chi (χ^{h^2}).

$$\chi^{h^2} = \sum_{j=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan

χ^{h^2} : parameter *chi* kuadrat

G : Jumlah sub-kelompok

O_i : Jumlah nilai pengamatan pada sub-kelompok *i*

E_i : Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok *i*

Adapaun prosedur uji vertikal *chi-square* ini sebagai berikut :

1. Urutkan data dari kecil ke besar atau sebaliknya
2. Kelompokkan menjadi sejumlah G sub-kelompok, diman tiap-tiap sub-kelompok terdiri dari 4 buah data

$$G = 1 + 3,322 \log n$$

n = banyaknya data

3. Jumlahkan data uji pada tiap-tiap sub-kelompok sebesar O_i
4. Pada tiap-tiap sub-kelompok dihitung nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
5. Jumlahkan nilai pada point 4 untuk semua G, sehingga didapat *chi-kuadrat* (χ^{h^2})
6. Tentukan derajat kebebasan (d_k) = G – R – 1

R = 1, untuk distribusi Poisson

R = 2, untuk distribusi normal

Cara pengambilan keputusan hasil uji *chi-square* jika diasumsi taraf nyata 5% adalah sebagai berikut :

1. Jika nilai peluang (*p-value*) kurang dari taraf nyata (α), maka hipotesis tidak dapat diterima
2. Jika nilai peluang (*p-value*) lebih dari taraf nyata (α), maka hipotesis dapat diterima
3. Jika nilai peluang (*p-value*) antara 1% sampai 5%, maka hipotesis belum dapat diterima karena masih membutuhkan tambahan data

2.2.3.2 Uji distribusi probabilitas *Smirnov-Kolmogrov*

Uji distribusi ini untuk menguji simpangan horisontal dimana perhitungan selisih atau simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (D_{max}). Adapun langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Data hujan diurutkan dari kecil ke besar dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut seperti berikut :

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3) \text{ dan seterusnya}$$

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusi)

$$X_1 = P'(X_1)$$

$$X_2 = P'(X_2)$$

$$X_3 = P'(X_3) \text{ dan seterusnya}$$

3. Dari kedua perhitungan di atas, tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan atau peluang teoritis

$$\Delta P = (P(X_n) - P'(X_n))$$

Lalu dipilih ΔP paling terbesar sebagai ΔP_{max}

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov Kolmogorov test*) tentukan harga D_0 . Apabila harga $\Delta P_{max} < D_{cr}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima. Akan tetapi jika $\Delta P_{max} > D_{cr}$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan tidak dapat diterima.

Tabel 2.3 Delta Kritis (d_{cr}) untuk Distribusi *Smirnov Kolmogorov*

$n \backslash \alpha$	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.67
15	0.27	0.3	0.34	0.4
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	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$n > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

2.2.4 Hidrograf banjir

Jika tidak tersedia debit pengamatan banjir, maka untuk analisa debit banjir akan digunakan sebuah pendekatan menggunakan hidrograf satuan. Konsep utama pada hidrograf satuan ini adalah hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan sebuah grafik distribusi yang hampir sama.

Perhitungan hidrograf banjir dapat dihitung dengan menggunakan metode hidrograf *Satuan Sintetik Nakayasu*. Analisa debit banjir rencana terlebih dahulu harus dibuat hidrograf banjir pada sungai yang bersangkutan. Adapun parameter yang berpengaruh antara lain :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan hingga akhir dari hujan
2. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
3. Luas daerah pengaliran
4. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
5. Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*)

Adapun rumus perhitungan hidrograf satuan Nakayasu yaitu :

$$Q_p = \frac{CA.R_0}{3,6(0,3.T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

Q_p : Debit puncak banjir ($m^3/detik$)

R_0 : Hujan satuan (mm)

T_p : Tenggang waktu dari permulaam hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$: Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari puncak hingga 30% debit puncak

CA : Luas daerah pengaliran sampai ke outlet

Dalam menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan sebuah rumus pendekatan yaitu :

$$T_p = tg + 0,8 tr$$

$$T_{0,3} = \alpha tg$$

Hujan efektif yang menyebabkan terjadinya limpasan pada permukaan dihitung sebagai berikut :

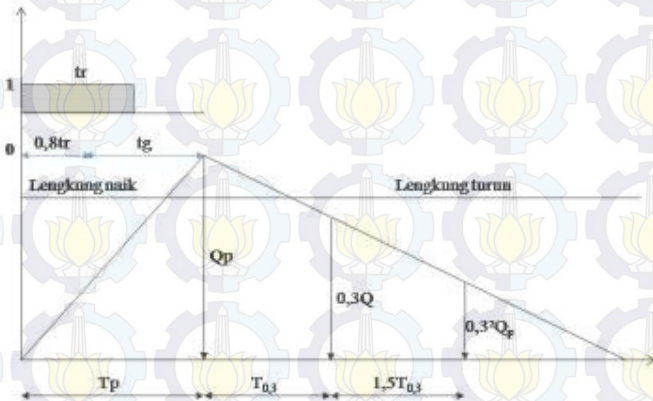
$$tr = 0,5 \text{ sampai dengan } 0,8 tg$$

dimana t_g adalah *time lag* yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (*hour*). Besarnya t_g dihitung dengan syarat sebagai berikut :

- a. Jika sungai dengan panjang alur $L > 15$ km, $t_g = 0,4 + 0,058L$
- b. Jika sungai dengan panjang alur $L < 15$ km, $t_g = 0,21L^{0,2}$

Keterangan :

- t_r : satuan waktu hujan (*hour*)
- α : parameter hidrograf, dimana
- $\alpha = 2$ → daerah pengaliran biasa
- $\alpha = 1,5$ → bagian naik hidrograf lambat dan turun cepat
- $\alpha = 3$ → bagian naik hidrograf cepat dan turun lambat



Gambar 2.2 Bentuk Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Lihat gambar 2.2, pada bagian kurva naik : $0 < t < T_p$

$$Q(t) = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

$Q(t)$: limpasan sebelum mencapai debit puncak ($m^3/detik$)

t : waktu (*hour*)

Lihat gambar 2.2, pada bagian kurva turun :

a. Pada selang nilai : $T_p \leq t \leq T_p + T_{0,3}$

$$Q_{(t)} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}}$$

b. Pada selang nilai : $T_p + T_{0,3} \leq t \leq T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$

$$Q_{(t)} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}}$$

c. Pada selang nilai : $t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$

$$Q_{(t)} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}}$$

2.2.4.1 Debit banjir rencana

Debit banjir rencana dihitung dengan persamaan berikut

ini :

$$Q_k = \sum_{i=1}^n U_i \times P_{n-(i-1)} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

Q_k : debit banjir pada jam ke-k

U_i : ordinat hidrograf satuan ($i = 1,2,3,4,\dots,n$)

P_n : hujan netto dalam waktu yang berurutan ($n = 1,2,3,\dots,n$)

Dari perhitungan di atas akan dipilih salah satu metode yang akan digunakan dalam perencanaan yaitu metode yang paling sesuai dengan karakteristik daerah aliran.

2.2.4.2 Lengkung Kapasitas Waduk

Dalam menentukan volume total sebuah waduk berdasarkan pada data topografi yang tersedia. Untuk keperluan ini, diperlukan sebuah peta topografi dengan beda tinggi (kontur) lima meter atau sepuluh meter. Perhitungan luas dibatasi oleh masing-masing kontur,

kemudian dihitung volume yang dibatasi oleh dua garis kontur yang berurutan.

Volume antara dua kontur yang berurutan dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$I = \sum \{(F_i + F_{i+1}) \cdot 0,5(h_{i+1} - h_i)\} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

I : Isi atau volume tampungan antara dua kontur berurutan (m^3)

h_i : elevasi pada kontur ke- i (m)

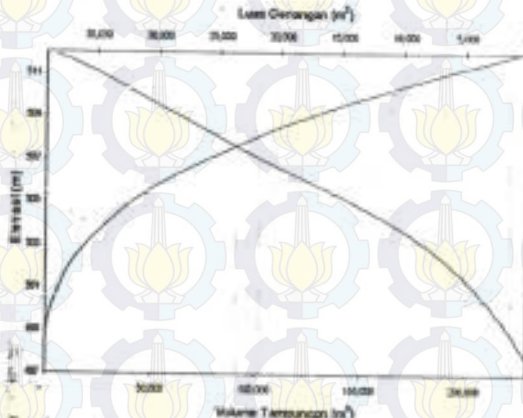
h_{i+1} : elevasi pada kontur ke- $i+1$ (m)

F_i : luas daerah yang dikelilingi kontur ke- i (km^2)

F_{i+1} : luas daerah yang dikelilingi kontur ke- $i+1$ (km^2)

Sumber : Diktat Waduk

Setelah semua luas dan volum masing-masing telah diketahui lalu digambarkan pada sebuah grafik (lihat gambar 2.3) hubungan antara elevasi dan volume tampungan dan luas.



Sumber : Suyono Sosrodarsono, 2002

Gambar 2.3 Grafik Hubungan Elevasi, Luas dan Volume

2.2.5 Penelusuran Banjir Lewat Waduk (*Flood Routing*)

Ambang pelimpah direncanakan mampu melewati debit banjir dengan periode ulang 100 tahun (Q_{100}) yang diregulasi oleh reservoir dengan kontrol debit *Probable Maximum Flood* atau PMF (Q_{PMF}). Untuk menentukan lebar ambang pelimpah maka dilakukan optimasi lebar ambang dengan melakukan penelusuran banjir untuk beberapa alternatif lebar ambang rencana. Penelusuran banjir lewat waduk ini bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara pengeluaran air dari waduk (outflow) dan elevasi muka air waduk yang dimulai dari elevasi ambang pelimpah.

Guna mengetahui besarnya debit outflow yang melewati *spillway* dilakukan perhitungan *reservoir routing* diperlukan data-data sebagai berikut :

1. Hubungan volum tampungan dengan elevasi waduk
2. Hubungan elevasi permukaan air dan outflow serta hubungan tampungan dan outflow
3. Hidrograf inflow
4. Nilai awal untuk variabel S, I dan Q saat $t = 0$

Penelusuran banjir dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

I : inflow waduk ($m^3/detik$)

Q : outflow waduk ($m^3/detik$)

dS : besarnya tampungan waduk (m^3)

dt : periode penelusuran (detik, jam atau hari)

Apabila periode penelusuran banjir diubah dari dt menjadi Δt , maka

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad \text{dimana } dS = S_2 - S_1$$

Sehingga untuk persamaan I – Q dapat diubah menjadi berikut :

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t = S_2 - S_1 \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan menggunakan indeks 1 merupakan keadaan periode mula penelusuran dan indeks 2 merupakan keadaan akhir penelusuran. Dalam persamaan di atas, keadaan I_1 dan I_2 dapat diketahui dari hidrograf debit inflow yang diukur dari besarnya Q_1 dan S_1 diketahui dari periode sebelumnya sedangkan keadaan S_2 dan Q_2 tidak diketahui. Hal ini berarti bahwa diperlukan persamaan yang kedua. Pada perhitungan ini digunakan Metode Goodrich. Sehingga persamaan I dapat ditulis sebagai berikut :

$I_1 + I_2 - Q_1 - Q_2 = 2 \frac{S_2 - S_1}{\Delta t}$ dimana konstanta 1 dan 2 menunjukkan awal dan akhir penelusuran.

$$(I_1 + I_2) + \left(\frac{2S_2}{\Delta t} - Q_1 \right) = \left(\frac{2S_1}{\Delta t} + Q_2 \right)$$

Pada sisi kiri persamaan di atas sudah diketahui, sehingga persamaan $\left(\frac{2S_1}{\Delta t} + Q_2 \right)$ dapat dicari dengan menggunakan persamaan di atas. Dari grafik hubungan simpangan dan elevasi, maka dapat diketahui dari elevasi dan tampungan pada akhir periode penelusuran untuk perhitungan selanjutnya yaitu $\left(\frac{2S_1}{\Delta t} + Q_2 \right)_2 - 2Q_2$ pada perhitungan sebelumnya yaitu $\left(\frac{2S_1}{\Delta t} + Q_1 \right)_1$.

Jika fasilitas pengeluaran berupa bangunan pelimpah atau *spillway* maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = C \times L \times H^{1/2} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

C : koefisien limpahan

L : lebar efektif mercu (meter)

H : tinggi tekanan air di atas mercu bendung (m)
 Koefisien limpahan (C) dari tipe suatu bendung dengan dinding hulu ambang tegak dan diperoleh dengan rumus *Iwasaki* sebagai berikut :

$$C_d = 2,200 - 0,0416 \times \left(\frac{H_d}{W}\right)^{0,9900} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

C : koefisien limpahan

C_d : koefisien limpahan saat h = H_d

h : tinggi air di atas mercu bendung

W : tinggi bendung (m)

H_d : tinggi tekanan rencana air di atas mercu bendung (m)

Mengingat limpahan melalui mercu bendungan urugan akan sangat berbahaya maka perlu adanya tinggi jagaan. Berdasarkan pada tinggi bendungan yang akan direncanakan, maka angka standard untuk tinggi jagaan pada bendungan urugan sebagai berikut :

1. Lebih rendah dari 50 meter, jika H_f ≥ 2 meter
2. Tinggi antar 50 sampai 100 meter, jika H_f ≥ 3 meter
3. Lebih tinggi dari 100 meter, jika H_f ≥ 3,5 meter

(Sumber : *Sosrodarsono, 2002*)

2.2.6 Menghitung kebutuhan air baku

Untuk kebutuhan air domestik mengacu pada SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing pada Tabel 1 kategori rumah tinggal, kebutuhan pemakaian air sebesar 120 liter/orang/hari.

Umur rencana dasar perencanaan kebutuhan air baku ditetapkan 20 (dua puluh) tahun, yang memperhatikan pertumbuhan penduduk pada Kecamatan Marangkayu. Maka metode yang digunakan memproyeksikan penduduk di masa datang sesuai rumus (*Nadjadji, 2012*) :

$$P_n = P_o + (1 + r)^n$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke – n

P_0 = Jumlah penduduk pada awal tahun yang ditinjau

r = Prosentase pertumbuhan geometrikal tiap tahun

n = Periode waktu yang ditinjau

jadi, kebutuhan air tiap tahun adalah = $P_n \times (120 \text{ liter/orang/hari}) \times 365 \text{ hari}$

2.3 Perhitungan Bendungan

2.3.1 Perencanaan Tubuh bendungan

Bendungan Marangkayu merupakan bendungan yang dibangun dari timbunan tanah urugan homogen. Runtuhnya bendungan urugan biasanya dimulai dengan terjadinya suatu gejala longsor, baik pada lereng hulu maupun lereng hilir bendungan tersebut akibat ketidakstabilan kedua lereng (*Diktat Waduk, Ir. Soekibat Roedy Soesanto*). Oleh karena itu dalam pembangunan bendungan urugan, kestabilan lereng-lerengnya merupakan kunci stabilitas bendungan secara keseluruhan. Dalam menjalankan fungsinya, maka harus diketahui jenis bendungan yang akan direncanakan.

Menurut ukurannya, terdapat dua jenis bendungan, yaitu sebagai berikut :

1. Bendungan Besar (*Large Dam*)

Menurut *The International Commision on Large Dam* (ICOLD), bendungan dikatakan besar jika memenuhi syarat :

- Bendungan memiliki tinggi > 15 meter, diukur dari bagian bawah pondasi sampai ke puncak bendungan

- Bendungan memiliki tinggi antara 10 – 15 meter dengan salah satu kriteria : panjang puncak bendungan tidak kurang dari 500 m; kapasitas waduk yang terbentuk tidak kurang dari satu juta m^3 ; debit banjir maksimum tidak kurang dari 2000 $m^3/detik$; bendungan mengalami kesulitan-kesulitan khusus pada pondasi dan bendungan tidak didesain seperti biasanya

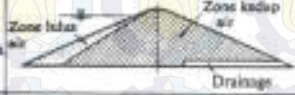
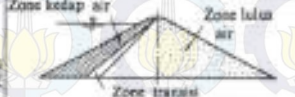



2. Bendungan Kecil (*Small Dam*)

Semua bendungan yang tidak memenuhi syarat sebagai bendungan besar dapat dikategorikan sebagai bendungan kecil.

Adapun kategori pembagian jenis bendungan urugan dapat dibedakan menurut material penyusunnya (lihat gambar 2.4) sebagai berikut :

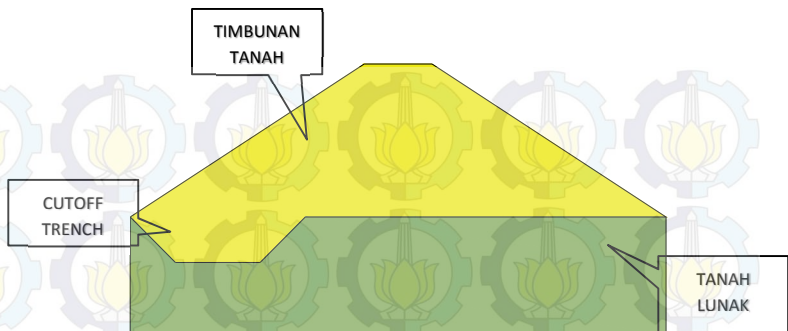
1. *Bendungan urugan homogen*, apabila bahan penyusun tubuh bendungan terdiri atas tanah yang hampir sejenis dan gradasinya pun hampir seragam
2. *Bendungan urugan zonal*, apabila timbunan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan gradasi berbeda-beda dalam urutan-urutan pelapisan tertentu
3. *Bendungan urugan bersekat*, apabila di lereng udik tubuh bendungan dilapisi dengan sekat kepad air. (Soedibyo, 1998)

Tabel 2.4 Klasifikasi Bendungan Urugan Berdasar Material Penyusun

Type:	Skema Urutan	Keterangan
Bendungan Homogen		Apabila 80% dari seluruh bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang bergradasi hampir sama.
Bendungan Tiang		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air di udiknya.
Bendungan Zonal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan miring ke hilir.
Bendungan Inti vertikal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan vertikal.
Bendungan Sekas		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan dinding tidak lulus air di lereng udiknya, yang besarnya terbuat dari lembaran batu tahan karat, lembaran beton bertulang, aspal beton, lembaran plastik, dll. rya.

Sumber : Sosrodarsono, 2002

Beberapa bendungan memiliki *cutoff trench* pada tubuh bendungannya yang terletak pada sisi *upstream* (hulu). Mengacu pada *Design Of Small Dams*, *cutoff trench* terletak pada atau *upstream* dari as bendungan. *Cutoff trench* yaitu parit halang yang berfungsi mengurangi dan mengendalikan aliran rembesan dengan bentuk sisi yang mempunyai kemiringan tertentu. Pada gambar 2.4 salah satu contoh bendungan dengan *cutoff trench* di hulu tubuh bendungan untuk mengurangi aliran rembesan.



Gambar 2.4 Bendungan Dengan *Cutoff Trench*

2.3.2 Tinggi bendungan

Penentuan tinggi bendungan dihitung berdasarkan tinggi bangunan pelimpah. Perhitungan tinggi bendungan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tinggi kemungkinan kenaikan permukaan air waduk yang terjadi akibat banjir abnormal, tinggi ombak akibat tiupan angin, tinggi ombak akibat gempa dan tinggi tambahan sesuai urgensi dari waduk. Akan tetapi untuk mempermudah, ada kriteria untuk tinggi jagaan untuk bendungan urugan. Sesuai dengan elevasi dasar *inlet* hingga ke puncak *spillway*, tinggi bendungan didapat dari elevasi puncak *spillway* ditambah tinggi tekan rencana (H_d) dan *freeboard* 2 meter. (Soedibyo, 1993)

2.3.3 Analisa Stabilitas Bendungan

Analisa dan perhitungan stabilitas tubuh bendungan tipe urugan dibagi 3 kegiatan utama (Sosrodarsono, 2002) yaitu :

- a. Beban – beban yang bekerja pada bendungan urugan.
- b. Stabilitas lereng bendungan urugan.
- c. Stabilitas bendungan terhadap aliran filtrasi.

2.3.3.1 Beban – beban yang bekerja pada bendungan urugan

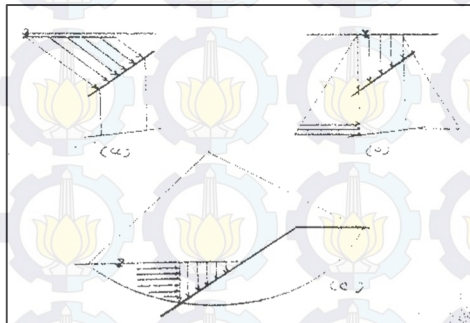
a. Berat tubuh bendungan

Beberapa kondisi yang dianggap paling tidak menguntungkan pada bendungan tipe urugan adalah :

- Kondisi lembab segera setelah tubuh bendungan selesai dibangun, dengan keadaan air dalam waduk masih kosong.
- Pada kondisi elevasi muka air waduk penuh, dimana bagian bendungan yang terletak di atas garis depresi dalam kondisi lembab, sedangkan bagian yang terletak di bawah garis depresi dalam kondisi jenuh.
- Pada kondisi dimana terjadi gejala penurunan mendadak (*rapid drawdown*) elevasi muka air waduk, sehingga semua bagian yang terletak di bagian bawah garis depresi dianggap jenuh.

b. Beban akibat tekanan hidrostatik

Beban hidrostatik yang bekerja pada lereng hulu bendungan dapat digambarkan sebagai gambar 2.5 berikut :



Sumber : Diktat Waduk

Gambar 2.5 Beban Yang Bekerja Pada Lereng Hulu Tubuh Bendungan

c. Tekanan air pori

Gaya yang bekerja akibat tekanan air pori dianggap bekerja tegak lurus pada bidang luncur.

Kondisi kritis gaya yang bekerja dalam perhitungan stabilitas bendungan yaitu :

- Gaya yang timbul saat tubuh bendungan sedang dibangun.
- Gaya – gaya yang timbul dari air pori saat waduk terisi penuh dan permukaan air turun secara berangsur – ansur.
- Gaya – gaya yang timbul dari tekanan air pori saat air permukaan waduk mendadak turun sampai permukaan air terendah. Sehingga besarnya tekanan air pori dalam tubuh bendungan masih sama seperti saat waduk terisi penuh.

Untuk menghitung tekanan air pori digunakan rumus Hilf, sebagai berikut :

$$P = \frac{P_o \cdot \Delta}{V_o + h \cdot V_w - \Delta} (1 - A)$$

$$\sigma = \sigma' + P$$

Dimana :

P = tekanan air pori

P_o = tekanan atmosfer setelah bendungan selesai dibangun

Δ = prosentase pemadatan terhadap volume asal

V_o = volume rongga pada pori – pori bahan sesudah pemadatan terhadap volume asal

h = konstanta Henry untuk kelarutan udara didalam air dengan suhu 20°C = 0,0198

V_w = volume air pori sesudah konstruksi

A = koefisien kelulusan bahan terhadap air, untuk bendungan tanah dilengkapi dengan drainage (A= 0,5 s/d 0,8)

σ = tegangan total bahan.

σ' = tegangan efektif bahan.

Apabila terdapat data perhitungan tegangan efektif air pori dari pengujian *Triaxial* kondisi *Consolidated Undrained* (CU) bisa dipakai untuk menghitung tekanan air porinya. (*Sosrodarsono, 2002*)

d. Gaya – gaya seismik

Beban yang timbul saat terjadi gempa bumi. Adapun faktor yang menentukan beban seismik (*Sosrodarsono, 2002*) yaitu :

- Karakteristik, lamanya dan kekuatan gempa yang terjadi.
- Karakteristik dari pondasi bendungan
- Karakteristik bahan pembentuk bendungan
- Dan tipe bendungan

Menurut PD T-14 2004-A tentang pedoman stabilitas bendungan tipe urugan akibat beban gempa, menghitung gaya gempa arah horizontal dengan rumus (*pasal 8.3.1 Cara Koefisien Gempa*) :

$$F = K.W$$

$$K = \alpha_1 . K_h$$

$$K_h = \frac{A_d}{g} = \frac{Z . A_c . v}{g}$$

Dimana : F = merupakan gaya gempa mendatar (ton)

W = berat total bendungan (ton)

K = koefisien gempa terkoreksi untuk analisa stabilitas

Kh = koefisien gempa dasar tergantung dari periode ulang, T

α_1 = koreksi pengaruh daerah bebas

(freefield) :

- Untuk bendungan urugan = 0,7
- Untuk bendungan beton = 1

A_d = percepatan gempa maksimum terkoreksi dipermukaan (gal)

A_c = percepatan gempa dasar lihat tabel 2.5

g = percepatan gravitasi, 981 cm/det²

Z = koefisien zona gempa

v = pengaruh jenis tanah setempat lihat tabel 2.6

Tabel 2.5 Percepatan Gempa Dasar Untuk Periode Ulang, T

T (tahun)	a_g
10	90
20	100
50	120
100	150
200	190
500	230
1000	270
5000	330
10000	370

Sumber : PD-T-2004-A Analisis Stabilitas Bendungan Urugan Akibat Gempa

Tabel 2.6 Faktor Koreksi Pengaruh Jenis Tanah Setempat

Kelompok	Jenis Tanah	Periode pedomoninan T_d (detik)	Koreksi (v)
1	Batuan a) Perataan terbentuk sebelum periode kuarter disebut batuan. b) Lapisan dilantai di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 10 m	$T_d \leq 0,25$	0,80
2	Diluvium a) Lapisan dilantai di atas lapisan batuan dengan tebal lebih dari 10 m / b) Lapisan dilantai di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 10 m	$0,25 < T_d \leq 0,50$	1,00
3	Alluvium a) Lapisan dilantai di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 25 m b) Lapisan dilantai di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 25 m dan lapisan alluvial kurang dari 5 m	$0,50 < T_d \leq 0,75$	1,10
4	Alluvium lunak a) Lapisan tanah pasiran (aruh air dengan tebal kurang dari 10m dari permukaan dengan $N_{60} \leq$ 10 pada 30cm penetrasi. b) Lapisan tanah lempesi atau lempasan lunak berukuran mulai pada kedalaman 3 m dari permukaan dengan nilai $s_v \leq 0,25$ kg/cm ² dari uji lempasan.	$T_d > 0,75$	1,20

Catatan:
 (1) Yang termasuk dalam lapisan dilantai ialah lapisan pasir padat, kerikil pasiran, kerikil bongkahan, dan lempung
 keras.
 (2) Yang termasuk dalam lapisan alluvial ialah lapisan endapan pasir seperti endapan sungai, dan longoran.

Sumber : PD-T-2004-A Analisis Stabilitas Bendungan Urugan Akibat Gempa

Untuk analisa stabilitas maka pada rumus gaya gempa $G = e \cdot W$ (*Handout* waduk dan PLTA), maka sesuai PD-T-2004-A menjadi $F = K \cdot W$ nilai koefisien gempa $e = K$. Harga koefisien gempa e untuk perhitungan stabilitas bendungan pada Bab V.

2.3.3.2 Stabilitas lereng bendungan urugan dan cutoff trench

Perbaikan pondasi bendungan Marangkayu menggunakan penggantian tanah dasar pondasi yang di hulu bendungan diberi saluran yang di isi dengan tanah (*cutoff trench*). Tujuannya yaitu mengontrol rembesan agar tidak membahayakan pada tubuh bendungan (*Soediby, 2003*).

Penentuan kemiringan lereng bendungan didasarkan pada data-data tanah yang akan digunakan sebagai bahan urugan untuk inti tubuh bendungan. Angka stabilitas keamanan dalam perencanaan stabilitas lereng bendungan dipakai $SF = 1,2$ s/d $1,5$.

Perhitungan kemiringan lereng bendungan untuk bagian hulu dan hilir sebagai berikut :

a) Kemiringan lereng bagian hulu

$$SF = \frac{m - (k \times \gamma' \times \tan \phi)}{1 + (k \times \gamma' \times m)}$$

b) Kemiringan lereng bagian hilir

$$SF = \frac{n - (k \times \tan \phi)}{1 + (k \times n)}$$

Keterangan :

m, n : kemiringan lereng

k : faktor koefisien beban gempa

ϕ : sudut geser dalam tanah

γ : berat volume tanah

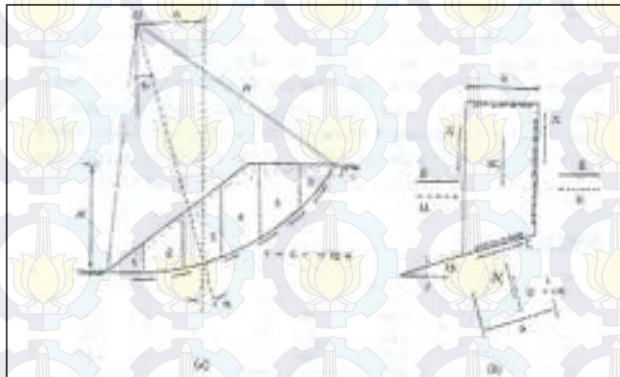
c) Bisa juga melihat tabel berikut untuk berbagai macam bendungan tipe urugan tanah :

Tabel 2.7 Parameter Untuk Desain Bendungan Tipe Urugan Tanah

n	ϕ	α	β
1 : 1	45 ^o	28 ^o	27 ^o
1 : 1,5	33, ^o	26	35 ^o
1 : 2	26, ^o	25 ^o	35 ^o
1 : 3	18, ^o	25 ^o	35 ^o
1 : 5	11, ^o	25 ^o	27 ^o

Sumber : Hamdout Waduk

Stabilitas lereng bendungan dapat dihitung dengan salah satu metodenya yaitu metode Fellenius.



Sumber : Mekanika Tanah 2, Hary C Hardiyatmo

Gambar 2.6 Gaya – gaya Yang Bekerja Pada Irisan Metode Fellenius

Metode Fellenius (1936) menganggap gaya – gaya yang bekerja pada sisi kiri kanan-kiri sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. (Hary C. Hardiyatmo, 2010).

Faktor aman didefinisikan (Hary C. Hardiyatmo, 2010) :

$$F_s = \frac{\text{Jumlah Momen tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

$$Fs = \frac{\sum M_r}{\sum M_d}$$

Menghitung Momen tahanan geser pada bidang longsor M_r

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (c \cdot a_1 + N_i \cdot \tan \varphi)$$

Keterangan :

R = jari – jari lingkaran bidang longsor (m)

c = kohesi tanah (kN/m²)

φ = sudut gesek dalam tanah

a_1 = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)

$N_i = W_i \cdot \cos \theta_i - u_i a_i$

u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m²)

Menghitung momen dari berat massa tanah M_d jika lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \cdot \sin \theta_i$$

Keterangan :

R = jari – jari lingkaran bidang longsor

n = jumlah irisan

W_i = berat massa tanah irisan ke-i

θ_i = sudut (sesuai gambar 2.6.a)

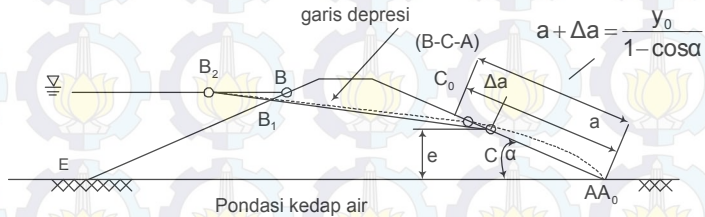
2.3.3.3 Stabilitas bendungan terhadap aliran filtrasi

Untuk mengetahui kemampuan daya tahan tubuh bendungan serta pondasinya terhadap gaya – gaya akibat aliran filtrasi, maka diperlukan perhitungan :

- Garis depresi (*seepage line formation*) dalam tubuh bendungan dengan elevasi tertentu permukaan air

dalam waduk yang direncanakan.

Salah satu metode menghitung formasi garis depresi adalah dengan metode Cassagrande sesuai gambar 2.7 berikut :



Gambar 2.7 Desain Garis Depresi Bendungan

Garis depresi dapat di hitung dengan persamaan parabola berikut :

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \quad \text{nilai } y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2}$$

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

Dimana :

h : jarak vertikal antara A dan B

d : jarak horizontal antara A dan B2

l_1 : jarak horizontal antara B dan E

l_2 : jarak horizontal antara B dan A

B : perpotongan antar muka air waduk dengan lereng hulu bendungan.

B_1 : titik perpotongan antara garis depresi dan garis vertikal yang melalui titik B

B_2 : titik terletak sejauh $0,3 L$ kearah hulu dari titik B

Asumsinya tumit hilir dari bendungan dianggap sebagai permulaan dari koordinat sumbu x dan y.

- Kapasitas air filtrasi yang mengalir dalam tubuh bendungan

Menghitung besarnya kapasitas aliran filtrasi yang mengalir pada tubuh bendungan didasarkan jaringan trayektori aliran filtrasi dengan rumus :

$$Q_f = \frac{N_f}{N_p} \cdot K \cdot H \cdot L$$

Dimana :

Q_f : kapasitas aliran filtrasi

N_f : angka pembagi dari garis trayektori aliran filtrasi

N_p : angka pembagi dari garis equipotensial

k : koefisien dari filtrasi

H : tinggi tekanan air total

L : panjang profil melintang dari tubuh bendungan

- Gejala sufosi (*piping*) yang disebabkan gaya hidrodinamis dalam aliran filtrasi.

Agar terhindar dari sufosi (*piping*) dan semburan (*Boiling*) perlu di kontrol kecepatan aliran filtrasi yang terjadi.

Adapun kecepatan aliran filtrasi dari dalam tubuh bendungan (*Sosrodarsono, 2002*) :

$$v = k \times i = k \times \frac{h_2}{l}$$

dengan :

v = kecepatan aliran filtrasi (m/det)

k = koefisien filtrasi (m/det)

i = *gradient* debit

h_2 = tinggi tekanan air rata-rata (m)

l = panjang rata-rata berkas elemen aliran filtrasi pada bidang keluarnya filtrasi (m)

Menurut Justin, kecepatan aliran filtrasi pada permukaan hilir lereng bendungan adalah :

$$v_c = \sqrt{\frac{w_1 * g}{F * \gamma_w}} \dots\dots\dots (2.21)$$

dimana :

v_c = kecepatan kritis (m/det)

W_1 = berat butiran bahan dalam air (gram)

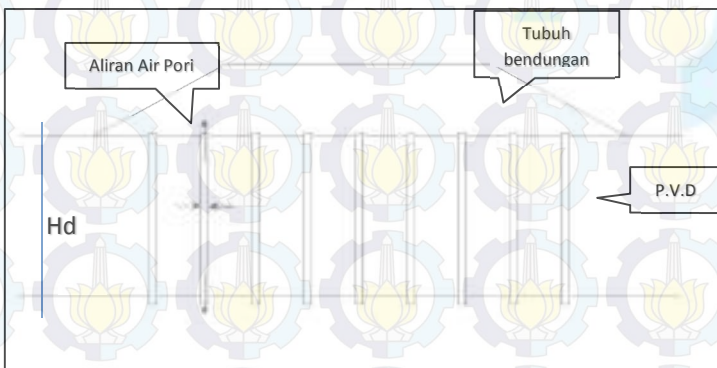
g = gravitasi (m/det²)

F = luas permukaan yang menampung aliran filtrasi (cm²)

γ_w = berat isi air (gr/cm³)

2.3.4 *Prefabricated Vertical Drain*

Bendungan Marangkayu berada diatas tanah lunak yang diperlukan perbaikan tanah dasar yaitu dengan perencanaan sistem drainase vertikal tipe *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Drainase vertikal ini berhubungan dengan lama penurunan atau waktu konsolidasi. Oleh karena itu pemasangan PVD tujuannya untuk mengalirkan air pori lebih cepat saat terjadi konsolidasi (gambar 2.8).



Sumber : Ceteau PVD manual Design (www.ceteau.com)

Gambar 2.8 Sketsa Potongan Melintang Bendungan Dengan PVD

Perhitungan lama waktu konsolidasi (t) yang menyebabkan penurunan tanah dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{T_v \times H_d^2}{C_v}$$

dimana :

T_v = faktor waktu yang merupakan fungsi dari derajat konsolidasi ($U\%$)

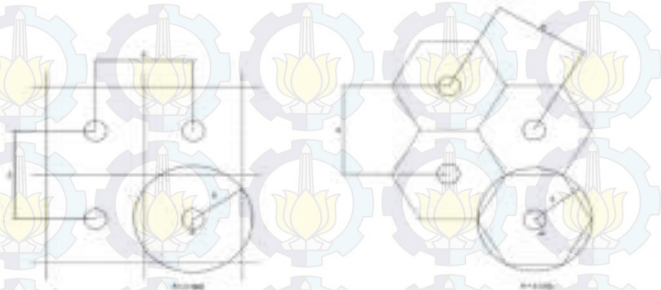
H_d = Panjang aliran drainage dari dalam tanah (m)

C_v = Koefisien konsolidasi vertikal (cm^2/detik atau m^2/detik)

Menentukan panjang aliran Drainage dari dalam tanah sesuai dari Diktat Reklamasi dapat dibagi 2 yaitu :

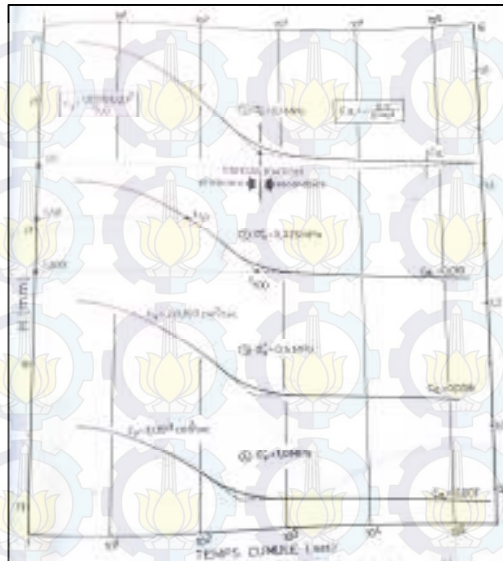
- $H_d = \frac{1}{2} H$ apabila aliran air selama proses konsolidasi adalah dua arah (atas lapisan atau ke bawah lapisan yang ditinjau).
- $H_d = H$ apabila aliran air selama proses konsolidasi satu arah yaitu ke atas saja atau ke bawah saja.

Pola pemasangan PVD ada dua yaitu pola bujursangkar (a) dan pola segitiga (b).



Gambar 2.9 Pola Pemasangan PVD

Sedangkan untuk menghitung C_v diperoleh dari grafik hubungan antara besarnya penurunan dan waktu (t) sesuai gambar 2.10 berikut :



(Sumber : Diktat Teknik Reklamasi)

Gambar 2.10 Grafik Hubungan Penurunan (ΔH) Dengan Waktu (t logaritmik) Untuk Harga C_v dan C_a

2.3.4.1 Perencanaan Prakompresi dengan Vertikal Drain

Tujuan utama metode prakompresi, dengan vertikal drain adalah mencapai derajat konsolidasi tertentu dalam batas waktu yang tersedia. Derajat konsolidasi rata – rata U , diukur dengan membandingkan tegangan air pori yang telah terdisipasi (u_d) terhadap tegangan pori awal (u_o) yaitu dengan membandingkan penurunan pada waktu tertentu (s_t) dan terhadap penurunan primer yang akan terjadi (s_f). Seperti pada rumus berikut (*Gouw Tjie-Liong, 2010*) :

$$U = \frac{u_d}{u_o} = \frac{s_t}{s_f}$$

Suatu *embankment* yang tinggi dan dihadapi masalah stabilitas, PVD dapat dipakai untuk mempercepat keluarnya tegangan air pori dan meningkatkan tegangan efektif tanah sehingga kestabilan tanah pondasi pada embankment tersebut menjadi lebih baik (*Gouw Tjie-Liong, 2010*).

Sedangkan konsolidasi yang terjadi dapat dibagi :

- a. Konsolidasi akibat aliran air pori dalam arah Horizontal
- b. Konsolidasi akibat aliran air pori dalam arah Vertikal

- a. Konsolidasi aliran air pori dalam arah horizontal.

Untuk pola pemasangan bujur sangkar dengan jarak S yaitu dengan asumsi :

Daerah yang tercakup satu aliran, $A = S^2$ a)

Luas silinder ekivalen, $A_e = \frac{1}{4} \pi D^2$ b)

Sehingga dari persamaan 2.3.4.1 a dan b didapat :

$$S^2 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = S \sqrt{\frac{4}{\pi}}$$

$$D = 1,13 S$$

Untuk pemasangan pola segitiga

Daerah yang tercakup $A = S.D$c)

Luas silinder ekivalen $A_e = \frac{1}{4} \pi D^2$d)

Sehingga dari persamaan c dan d didapat :

$$S.D = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = 1,05 S$$

- b. Konsolidasi akibat aliran air pori dalam arah Vertikal

Waktu konsolidasi rata – rata akibat aliran air pori arah vertikal dengan pendekatan rumus Terzaghi (*DAS, 1985*) (*Gouw Tjie-Liong, 2010*) :

Untuk $0\% < U_v < 53\%$: $T_v = 0,25 \pi (U_v / 100)^2$

Untuk $53\% < U_v < 100\%$: $T_v = 1,781 - 0,933 (\log (100 - U_v))$

BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Pada umumnya letak *cutoff trench* dari bendungan tipe urugan terletak di tengah as tubuh bendungan. Tetapi bendungan Marangkayu memiliki *cutoff trench* di sebelah hulu dari tubuh bendungannya. Oleh karena itu diperlukan analisa kestabilan, seperti diuraikan Suyono Sosrodarsono, 2002, analisa untuk stabilitas tubuh bendungan terdiri dari 3 yaitu :

- a. Mengadakan analisa dan inventarisasi terhadap gaya – gaya yang akan bekerja pada tubuh bendungan.
- b. Mengadakan analisa dan perhitungan untuk stabilitas rencana lereng tubuh bendungan.
- c. Mengadakan analisa dan perhitungan stabilitas tubuh bendungan terhadap gaya – gaya yang timbul oleh adanya aliran filtrasi di dalam tubuh bendungan.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur maksudnya adalah untuk mengumpulkan materi dan literatur yang digunakan sebagai acuan dalam studi suatu permasalahan. Berikut daftar studi literatur yang akan digunakan yaitu :

1. Ainul Yaqien. 2014. *Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) Bendungan Marangkayu, Kab. Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur.*
2. Bureu of Reclamation. *Design of Small Dams.*
3. Ceteau. *Manual Design Ceteau PVD.*
4. CV. Teknika Cipta Konsultan.2007. **Laporan Data Teknis Perencanaan Bendungan Marangkayu.**

5. Gouw Tjie-liong.2010. **Handout Prakompresi dengan Vertikal Drain Sintetik.**
6. Hary C. Hardiyatmo.2010. **Mekanika Tanah 2**
7. Herman Wahyudi. **Diktat Teknik Reklamasi.**
8. I Made Kamiana.2010. **Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air.** Jakarta : Graha Ilmu
9. Nadjadji Anwar.2012. **Rekayasa Sumber Daya Air.**
10. PD-T 2004-A tentang **Analisa Bendungan Urugan Akibat Gempa**
11. Soedibyo.1993. **Teknik Bendungan.**
12. Soekibat Roedy Soesanto. **Diktat Waduk**
13. Suyono Sosrodarsono.2002. **Bendungan Type Urugan.**

3.3 Pengumpulan Data

Data – data yang didapat berupa data skunder dari Perencana maupun Instansi terkait. Data tersebut meliputi :

1. Layout lokasi Bendungan Marangkayu
2. Topografi Bendungan Marangkayu
3. Data curah hujan
4. Data tanah *Borrow Area* dari uji laboratorium
5. Data Spesifikasi Teknis Bendungan Marangkayu
6. Data jumlah penduduk
7. Potongan melintang bendungan Marangkayu

3.4 Analisa Tubuh Bendungan

3.4.1 Analisa Hidrologi

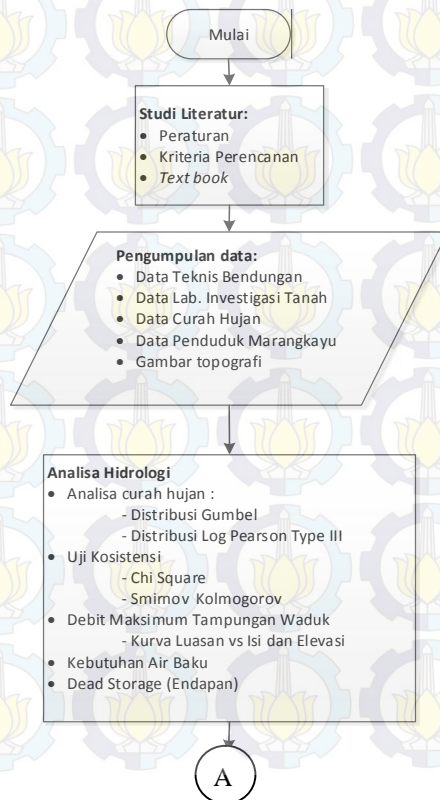
Analisa hidrologi untuk mendapat parameter debit banjir rencana dari hidrograf banjir. Fungsi lain dari analisa hidrologi adalah untuk menentukan volume total waduk berdasarkan letak topografinya, luasan yang perlu dibebaskan untuk genangan dan elevasi muka air tampungan maksimal.

Elevasi ini berguna untuk menentukan tinggi tubuh bendungan setelah ditambah tinggi jagaan (*freeboard*). Selain itu untuk mengetahui jumlah air yang digunakan untuk irigasi seluas 1500 Ha.

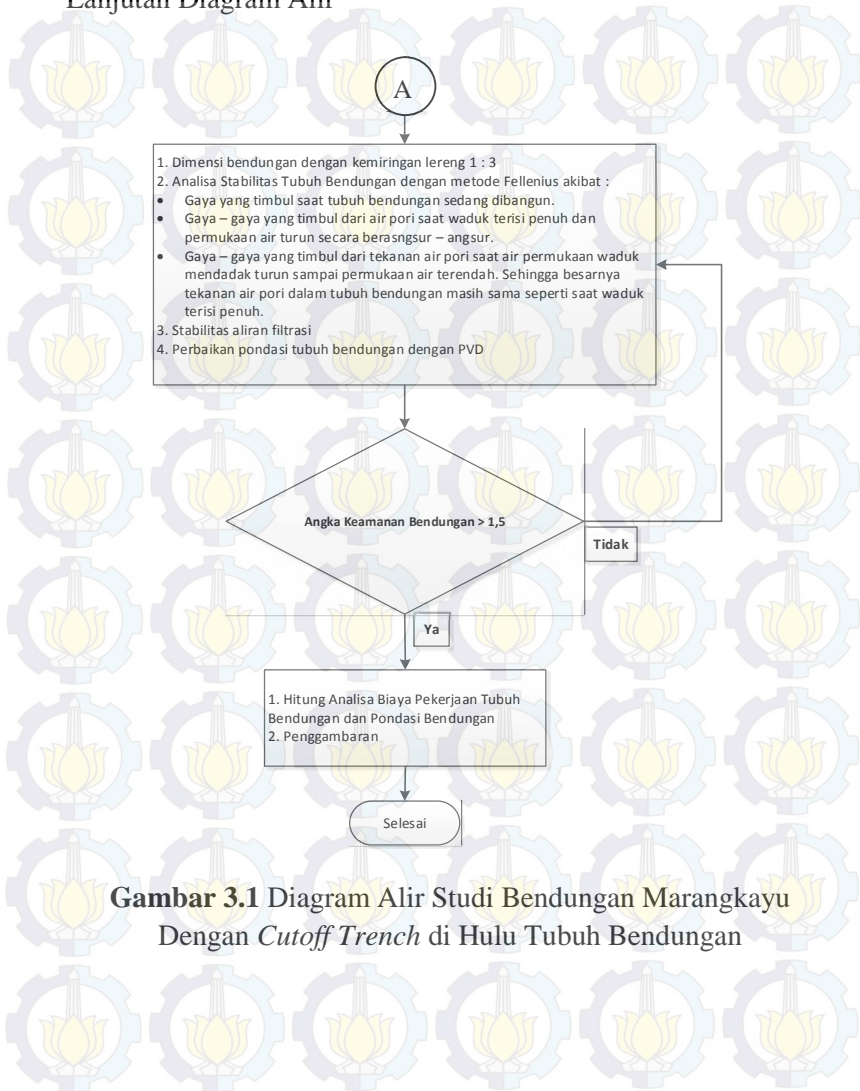
3.4.2 Analisa Kestabilan Tubuh Bendungan.

- Menganalisa beban - beban yang bekerja pada bendungan urugan.
- Stabilitas lereng bendungan urugan.
- Analisa stabilitas tubuh bendungan terhadap aliran filtrasi.
- Perbaikan pondasi tubuh bendungan yang dipancang *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.

3.5 Diagram Alir / Flowchart



Lanjutan Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Studi Bendungan Marangkayu Dengan *Cutoff Trench* di Hulu Tubuh Bendungan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

DAS Sungai Marangkayu dengan luas 156,86 km² (gambar Lampiran 1).

Data analisa hidrologi diperoleh dari stasiun hujan Termindung Kota Samarinda selama kurun waktu 28 tahun dari tahun 1978 s/d tahun 2005 seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Dari Tahun 1978 s/d 2005

No.	Tahun	R _i (mm)
1	1978	103
2	1979	77
3	1980	74
4	1981	146
5	1982	86
6	1983	139
7	1984	116
8	1985	106
9	1986	86
10	1987	81
11	1988	109
12	1989	97
13	1990	89
14	1991	105
15	1992	94
16	1993	90
17	1994	142
18	1995	82
19	1996	79
20	1997	95
21	1998	85
22	1999	117
23	2000	84
24	2001	102
25	2002	66
26	2003	88
27	2004	118
28	2005	108
Rerata		98.65

Sumber : Stasiun Hujan Termindung, Samarinda

Dari data curah hujan diatas dapat dicari distribusi probabilitasnya dengan metode Log Pearson Type III dan

Gumbel. Tabel 4.2 berikut hasil perhitungan dari metode Log Pearson Type III dengan data yang telah diurutkan dari kecil ke besar.

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Dengan Metode Log Pearson Type III

No	Tahun	X_i	P(%)	$\text{Log } X_i$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2$	$(\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3$
1	2002	66	3.45	1.82	0.0270	-0.0044
2	1980	74	6.90	1.87	0.0140	-0.0017
3	1979	77	10.34	1.89	0.0096	-0.0009
4	1996	79	13.79	1.90	0.0077	-0.0007
5	1987	81	17.24	1.91	0.0064	-0.0005
6	1995	82	20.69	1.91	0.0052	-0.0004
7	2000	84	24.14	1.92	0.0039	-0.0002
8	1998	85	27.59	1.93	0.0032	-0.0002
9	1982	86	31.03	1.93	0.0028	-0.0002
10	1986	86	34.48	1.93	0.0028	-0.0001
11	2003	88	37.93	1.94	0.0018	-0.0001
12	1990	89	41.38	1.95	0.0012	0.0000
13	1993	90	44.83	1.96	0.0009	0.0000
14	1992	94	48.28	1.97	0.0001	0.0000
15	1997	95	51.72	1.98	0.0001	0.0000
16	1989	97	55.17	1.99	0.0000	0.0000
17	2001	102	58.62	2.01	0.0004	0.0000
18	1978	103	62.07	2.01	0.0007	0.0000
19	1991	105	65.52	2.02	0.0013	0.0000
20	1985	106	68.97	2.02	0.0014	0.0001
21	2005	108	72.41	2.03	0.0023	0.0001
22	1988	109	75.86	2.04	0.0026	0.0001
23	1984	116	79.31	2.06	0.0061	0.0005
24	1999	117	82.76	2.07	0.0069	0.0006
25	2004	118	86.21	2.07	0.0076	0.0007
26	1983	139	89.66	2.14	0.0248	0.0039
27	1994	142	93.10	2.15	0.0276	0.0046
28	1981	146	96.55	2.16	0.0314	0.0056
Total Rerata				1.99	0.1997	0.0067
Sn	=	0.086				
Cs	=	0.418				

Sumber : Perhitungan

Dan metode Log Pearson type-III didapat nilai Sn = 0,086 dan nilai Cs = 0,418

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Dengan Metode Gumbel

No.	Tahun	R_i	P	$(R_i - R)$	$(R_i - R)^2$	$(R_i - R)^3$	$(R_i - R)^4$
1	2002	66	3.45	-32.35	1046.52	-33855.00	1095209.34
2	1980	74	6.90	-24.95	622.50	-15531.44	387509.36
3	1979	77	10.34	-21.45	460.10	-9869.20	211694.31
4	1996	79	13.79	-19.55	382.20	-7472.06	146078.75
5	1987	81	17.24	-18.15	329.42	-5979.02	108519.18
6	1995	82	20.69	-16.65	277.22	-4615.75	76852.31
7	2000	84	24.14	-14.85	220.52	-3274.76	48630.17
8	1998	85	27.59	-13.65	186.32	-2543.30	34716.07
9	1982	86	31.03	-13.05	170.30	-2222.45	29002.94
10	1986	86	34.48	-12.95	167.70	-2171.75	28124.13
11	2003	88	37.93	-10.95	119.90	-1312.93	14376.61
12	1990	89	41.38	-9.25	85.56	-791.45	7320.94
13	1993	90	44.83	-8.45	71.40	-603.35	5098.32
14	1992	94	48.28	-4.35	18.92	-82.31	358.06
15	1997	95	51.72	-4.05	16.40	-66.43	269.04
16	1989	97	55.17	-1.35	1.82	-2.46	3.32
17	2001	102	58.62	2.95	8.70	25.67	75.73
18	1978	103	62.07	4.35	18.92	82.31	358.06
19	1991	105	65.52	6.65	44.22	294.08	1955.63
20	1985	106	68.97	6.95	48.30	335.70	2333.13
21	2005	108	72.41	9.35	87.42	817.40	7642.69
22	1988	109	75.86	10.25	105.06	1076.89	11038.13
23	1984	116	79.31	17.15	294.12	5044.20	86508.05
24	1999	117	82.76	18.45	340.40	6280.43	115873.86
25	2004	118	86.21	19.55	382.20	7472.06	146078.75
26	1983	139	89.66	40.35	1628.12	65694.74	2650782.88
27	1994	142	93.10	43.15	1861.92	80341.96	3466755.40
28	1981	146	96.55	46.85	2194.92	102832.12	4817684.78
	Rerata	98.65			11191.17	179903.90	13500849.96
	STD.DEV	20.36					
	Cs	=	1.12				
	Ck	=	4.77				
	Cv	=	0.21				

Sumber : Perhitungan

Dari data pengolahan metode gumbel didapat nilai $C_s = 1,12$ $C_k = 4,77$ dan $C_v = 0,21$.

Syarat pemilihan distribusi harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Gumbel, nilai $C_s = 1,1396$ dan $C_k = 5,4002$
- Log Normal, nilai $C_s = 2,5C_v$
- Log Pearson Type III, yang tidak termasuk syarat diatas.

Dari perhitungan tabel 4.2 dan tabel 4.3 didapat nilai :

- Distribusi Gumbel nilai $C_s = 1.12$ dan $C_k = 4,77$ (sebaran Gumbel tidak mendekati).
- Distribusi Log Normal $C_s = 0,1997$ (sebaran Log Normal tidak mendekati)
- Jadi digunakan distribusi ***Log Pearson type III***

Uraian uji kesesuaian dengan metode *Chi Square* untuk metode distribusi *Log Pearson type III* :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,322 \log n \\ &= 1 + 3,322 \log 28 \\ &= 5,807 \\ &= 6 \text{ kelas} \end{aligned}$$

$$\text{Expected Frequency (Ef)} = \frac{n}{K} = \frac{28}{6} = 4,67$$

$$\begin{aligned} C_s &= 0.418 \\ \overline{\text{Log } x} &= 1.99 \\ S_n &= 0.09 \\ \text{Log } x &= \overline{\text{Log } x} + G \cdot S_n \end{aligned}$$

Batas Kelas I

$$\begin{aligned} P &= 0.9 \\ G &= -1.345 \\ \text{Log } x &= 1.870 \\ x &= 74 \end{aligned}$$

Batas Kelas II

P	=	0.8
G	=	-0.927
Log x	=	1.906
x	=	81

Batas Kelas III

P	=	0.6
G	=	-0.323
Log x	=	1.958
x	=	91

Batas Kelas IV

P	=	0.4
G	=	0.283
Log x	=	2.010
x	=	102

Batas Kelas V

P	=	0.2
G	=	0.891
Log x	=	2.062
x	=	115

Batas Kelas VI

P	=	0.1
G	=	1.378
Log x	=	2.104
x	=	127

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Kesesuaian Distribusi Log Pearson Type III Dengan Metode Chi Square

Batas Kelas	EF	OF	$((OF-EF)^2)/EF$
0 - 74	4.67	2	1.524
74 - 81	4.67	3	0.595
81 - 91	4.67	8	2.381
91 - 102	4.67	4	0.095
102 - 115	4.67	5	0.024
115 - 127	4.67	3	0.595
127 - ~	4.67	3	0.595
	jumlah	28	5.810

Derajat kebebasan $Dk = K - (p + 1)$

Keterangan : K = jumlah kelas

P = banyaknya parameter, uji Chi Square adalah 2.

$$Dk = 6 - (2 + 1) = 3$$

Dengan derajat kepercayaan 5% dan $Dk = 3$ dari tabel Chi Square Kritis didapat $X^2_{cr} = 7,815$

Maka $5,81 < X^2_{cr} = 7,815$ sebaran data Log Pearson type III dapat diterima.

Selanjutnya dapat diuji dengan menggunakan metode uji Smirnov Kolmogorov dengan tabel di bawah :

Tabel 4.5 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Dengan Metode *Smirnov Kolmogorov*

No.	X_i	Log X_i	K_t $f(t)$	P_x	$P'(X_i)$	ΔP
1	66	1.82	-1.91	0.03	0.0202	-0.0143
2	74	1.87	-1.37	0.07	0.0773	0.0083
3	77	1.89	-1.14	0.10	0.1172	0.0138
4	79	1.90	-1.02	0.14	0.1431	0.0051
5	81	1.91	-0.93	0.17	0.1641	-0.0083
6	82	1.91	-0.84	0.21	0.1882	-0.0187
7	84	1.92	-0.73	0.24	0.2191	-0.0223
8	85	1.93	-0.65	0.28	0.2409	-0.0350
9	86	1.93	-0.62	0.31	0.2519	-0.0584
10	86	1.93	-0.61	0.34	0.2538	-0.0910
11	88	1.94	-0.50	0.38	0.2912	-0.0881
12	89	1.95	-0.40	0.41	0.3264	-0.0874
13	90	1.96	-0.35	0.45	0.3432	-0.1051
14	94	1.97	-0.13	0.48	0.4287	-0.0541
15	95	1.98	-0.11	0.52	0.4350	-0.0823
16	97	1.99	0.03	0.55	0.5311	-0.0206
17	102	2.01	0.25	0.59	0.6164	0.0302
18	103	2.01	0.32	0.62	0.6426	0.0219
19	105	2.02	0.43	0.66	0.6832	0.0280
20	106	2.02	0.44	0.69	0.6882	-0.0014
21	108	2.03	0.56	0.72	0.7272	0.0031
22	109	2.04	0.60	0.76	0.7088	-0.0498
23	116	2.06	0.91	0.79	0.8306	0.0375
24	117	2.07	0.96	0.83	0.8443	0.0167
25	118	2.07	1.01	0.86	0.8555	-0.0066
26	139	2.14	1.83	0.90	0.9697	0.0732
27	142	2.15	1.93	0.93	0.9760	0.0450
28	146	2.16	2.06	0.97	0.9824	0.0169
1.99					$P=D_{max}$	0.0732

Sumber : Perhitungan

Didapat nilai $D_{maks} = 7,32\%$

Bila jumlah data, $n = 28$

Derajat Kepercayaan = 5%

$$\text{Maka } D_{cr} = \frac{1,3}{(n)^{0,5}} = \frac{1,3}{(2)^{0,5}} = 26\% > D_{maks} = 7,32\%$$

Jadi data X_i tersebut mempunyai kesesuaian harga dengan $X_{teoritis}$.

Curah hujan rencana dengan rumus $Y = \bar{Y} + k.S$ menggunakan metode log Pearson type - III, maka rumus dapat ditulis $l_c = \bar{l_c} + k.S$

1. Periode ulang 2 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $cs = 0,418$ didapat nilai $k = -0,069$

$$l_c X_2 = 1,99 + (-0,069) \times 0,086 = 1,9798$$

$$X_2 = 95,45 \text{ mm}$$

2. Periode ulang 5 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $cs = 0,418$ didapat nilai $k = 0,815$

$$l_c X_5 = 1,99 + 0,815 \times 0,086 = 2,0558$$

$$X_5 = 113,71 \text{ mm}$$

3. Periode ulang 10 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $cs = 0,418$ didapat nilai $k = 1,318$

$$l_c X_{10} = 1,99 + 1,318 \times 0,086 = 2,0990$$

$$X_{10} = 125,61 \text{ mm}$$

4. Periode ulang 20 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $cs = 0,418$ didapat nilai $k = 1,653$

$$l_c X_{20} = 1,99 + 1,653 \times 0,086 = 2,1422$$

$$X_{20} = 134,23 \text{ mm}$$

5. Periode ulang 25 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $cs = 0,418$ didapat nilai $k = 1,82$

$$l_c X_{25} = 1,99 + 1,82 \times 0,086 = 2,142$$

$$X_{25} = 138,74 \text{ mm}$$

6. Periode ulang 50 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $c_s = 0,418$ didapat nilai $k = 2,27$

$$l_c X_5 = 1,99 + 2,27 \times 0,086 = 2,1809$$

$$X_5 = 151,67 \text{ mm}$$

7. Periode ulang 100 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $c_s = 0,418$ didapat nilai $k = 2,63$

$$l_c X_1 = 1,99 + 2,63 \times 0,086 = 2,212$$

$$X_1 = 162,81 \text{ mm}$$

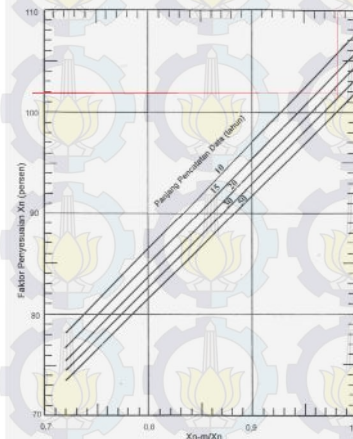
8. Periode ulang 1000 tahun, nilai $S_n = 0,086$ dan $c_s = 0,418$ didapat nilai $k = 3,696$

$$l_c X_1 = 1,99 + 3,696 \times 0,086 = 2,3036$$

$$X_1 = 201,17 \text{ mm}$$

Dari data curah hujan **Tabel 4.1** didapat curah hujan merata, $x_r = 98,65$ mm selama 28 tahun. Sedangkan nilai rerata tanpa data paling maksimum didapat $x_{r-m} = 96,915$ mm.

Sehingga $\frac{x_{r-m}}{x_r} = \frac{96,9}{98,65} = 0,9824$ (diplotkan ke gambar 4.1)

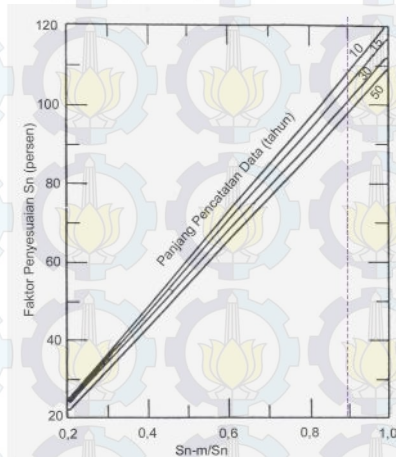


Gambar 4.1 Grafik Hubungan Faktor Penyesuaian X_r dan X_{r-m}/X_r

Diperoleh faktor penyesuaian $X_r = 102\%$

Standar deviasi dari tabel curah hujan 4.1, $S_n = 20,359$ dan nilai standar deviasi tanpa data maksimum, $S_{n-m} = 18.517$.

nilai $\frac{S_{n-m}}{S} = \frac{18,5}{20,359} = 0,9095$ (diplotkan ke gambar 4.2)



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Faktor Penyesuaian S_n dan S_{n-m}/S_n

Didapat dari gambar 4.2 nilai faktor penyesuaian = 102%

$$\begin{aligned} X_r \text{ terkoreksi} &= X_r \cdot \text{Faktor penyesuaian} \\ &= 98,65 \times 102 \% \\ &= 100,623 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_n \text{ terkoreksi} &= S_n \cdot \text{Faktor penyesuaian} \\ &= 20,358973 \times 101 \% \\ &= 20,562563 \end{aligned}$$

$$k_m = 15$$

$$\begin{aligned} X_{m'} &= X_r \text{ terkoreksi} + k \cdot S_n \\ &= 409,061 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{XPMP} &= 1,13 \times X_{m'} \\ &= 462,239 \end{aligned}$$

Maka didapat curah hujan *probable mean precipitation*,
 $X_{PMP} = 462,239$ mm.

4.2 Analisa Debit Banjir metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Sebelum dihitung terlebih dulu curah hujan efektif jika

$$R_{\text{eff}} = c \times R_T$$

Keterangan : R_{eff} = curah hujan efektif (mm)
 C = koefisien pengaliran (= 0,35 hutan berbukit 10%, *Kamiana*)
 R_T = curah hujan pada periode ulang T tahun (mm)

Tabel 4.6 Tabel Curah Hujan Efektif Saat T Tahun

Periode Ulang	R_T	C	R_{eff}
2	95.44	0.35	33.405259
5	113.69	0.35	39.790117
10	125.62	0.35	43.96536
25	140.55	0.35	49.192963
50	151.67	0.35	53.086125
100	162.81	0.35	56.983974
1000	201.17	0.35	70.410546
PMP	462.23943	0.35	161.7838

Parameter yang berpengaruh dalam membuat hidrograf satuan sintetik pada sungai Marangkayu yaitu :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan hingga akhir dari hujan
2. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
3. Luas daerah pengaliran
4. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
5. Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*)

Tenggang waktu (T_p)

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_r = 0,5 t_g$$

Tg sesuai dengan panjang sungai Marangkayu 15,775 km
 > 15 km, maka $t_g = 0,4 + 0,058L$

$$t_g = 0,4 + 0,058 (15,775) = 1,315$$

$$t_r = 0,8 \times 1,315 = 1,052 \text{ jam (asumsi karena bentuk sungai Marangkayu tipe sungai perenial)}$$

$$T_p = 1,315 + 0,8 \times 1,052 = 2,156 \text{ jam}$$

$$t_{0,3} = \frac{1}{3} \times t_g, \text{ dipakai} = 3$$

$$= 3 \times 1,315$$

$$= 3,945 \text{ jam}$$

Luas DAS Sungai Marangkayu = 156,86 km²

$$Q_p = \frac{C \cdot R}{3,6(0,3T + 70,3)}$$

$$= \frac{1,8 \times 1}{3,6(0,3 \times 1,9 + 3,9)}$$

$$= 9,489 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Selanjutnya menghitung curah hujan jam – jaman dari data curah hujan efektif tabel 4.6, $T_p = 2,156$ jam dan $Q_p = 9,489 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Tabel 4.7 Tabel Curah Hujan Jam – jaman (mm)

Waktu (Jam)	Rasio (%)	Hujan jam-jaman (mm)							PMF
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th	1000th	
1	58.5	19.542	23.277	25.720	28.778	31.055	33.336	41.190	94.644
2	15.1	5.044	6.008	6.639	7.428	8.016	8.605	10.632	24.429
3	10.7	3.574	4.258	4.704	5.264	5.680	6.097	7.534	17.311
4	8.5	2.839	3.382	3.737	4.181	4.512	4.844	5.985	13.752
5	7.2	2.405	2.865	3.166	3.542	3.822	4.103	5.070	11.648
Hujan Efektif (mm)		33.41	39.79	43.97	49.19	53.09	56.98	70.41	161.78
Koefisien (C)		0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Hujan Harian (mm)		95.44	113.69	125.62	140.55	151.67	162.81	201.17	462.24

Saat kurva naik : $0 < t < T_p$ dan $t = 2$ jam (gambar 4.3)

$$Q(t) = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} Q_p$$

$$Q_{(2)} = \left(\frac{2}{2,1}\right)^{2,4} \times 4,745 \text{ m}^3/\text{det} = 3,96 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4.8 Tabel Saat Kurva Nakayasu Naik

t	A = (t/Tp) ^{2,4}	Q = Qp x A
0	0	0
1	0.1581	1.5004
2	0.8346	7.9194

Sumber : Perhitungan

Saat kurva turun : $t_p < t < T_{0,3} = 6,102$ jam dan $t_p = 2,156$ jam (gambar 4.3)

$$Q = Q_p \times 0,3 \frac{t-t_p}{t_{0,3}}$$

Ditabelkan sesuai tabel 4.9a dan 4.9b

Tabel 4.9a Tabel Saat Kurva Nakayasu Turun

t	A	Q
2.156	1.000158	9.490627
3	0.773042	7.335493
4	0.569719	5.406139
5	0.419874	3.984236
6	0.30944	2.936317
6.102	0.299956	2.846319

Sumber : Perhitungan

Saat kurva turun ($T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1,5T_{0.3}$) atau ($6,102 < t < 12,02$)

Tabel 4.9b Tabel Saat Kurva Nakayasu Turun

t	A	Q
6.102	0.2999706	2.8464588
7	0.2498792	2.3711353
8	0.2038772	1.9346166
9	0.166344	1.5784596
10	0.1357206	1.2878701
11	0.1107349	1.0507772
12	0.0903489	0.8573323
12.02	0.089982	0.8538508

Sumber : Perhitungan

Saat kurva turun ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$) atau ($t > 12,02$)

Tabel 4.9c Tabel Saat Kurva Nakayasu Turun, $t > 12,02$

t	A	Q
13	0.0774875	0.735289
14	0.0665213	0.631229
15	0.057107	0.541896
16	0.0490251	0.465205
17	0.042087	0.399368
18	0.0361307	0.342849
19	0.0310174	0.294328
20	0.0266277	0.252674
21	0.0228593	0.216915
22	0.0196242	0.186217
23	0.0168469	0.159863
24	0.0144627	0.137239

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 2 (dua) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.10 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 2 Tahun

t	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /dk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
jam	m ³ /dk	39.0841528	10.0883882	7.14872539	5.678894	4.81035727	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	29.322	0.000				29.322
2	3.960	154.761	39.947	0.000			194.708
2.156	4.745	185.467	47.873	33.923	0.000		267.262
3	3.668	143.351	37.002	26.220	20.829	0.000	227.401
4	2.703	105.647	27.270	19.324	15.350	13.003	180.593
5	1.992	77.860	20.097	14.241	11.313	9.583	133.094
6	1.468	57.382	14.811	10.495	8.338	7.062	98.088
6.102	1.423	55.623	14.357	10.174	8.082	6.846	95.082
7	1.186	46.337	11.960	8.475	6.733	5.703	79.208
8	0.967	37.806	9.759	6.915	5.493	4.653	64.626
9	0.789	30.846	7.962	5.642	4.482	3.796	52.729
10	0.644	25.168	6.496	4.603	3.657	3.098	43.022
11	0.525	20.534	5.300	3.756	2.984	2.527	35.101
12	0.429	16.754	4.325	3.064	2.434	2.062	28.639
12.02	0.427	16.686	4.307	3.052	2.424	2.054	28.523
13	0.368	14.369	3.709	2.628	2.088	1.769	24.563
14	0.316	12.336	3.184	2.256	1.792	1.518	21.086
15	0.271	10.590	2.733	1.937	1.539	1.303	18.102
16	0.233	9.091	2.347	1.663	1.321	1.119	15.540
17	0.200	7.804	2.014	1.427	1.134	0.961	13.341
18	0.171	6.700	1.729	1.225	0.974	0.825	11.453
19	0.147	5.752	1.485	1.052	0.836	0.708	9.832
20	0.126	4.938	1.275	0.903	0.717	0.608	8.441
21	0.108	4.239	1.094	0.775	0.616	0.522	7.246
22	0.093	3.639	0.939	0.666	0.529	0.448	6.221
23	0.080	3.124	0.806	0.571	0.454	0.384	5.340
24	0.069	2.682	0.692	0.491	0.390	0.330	4.584

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 5 (lima) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.11 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 5 Tahun

t	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /dtk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
jam	m ³ /dtk	46.554437	12.0166154	8.51508507	6.76431991	5.72977687	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	34.926	0.000				34.926
2	3.960	184.341	47.582	0.000			231.923
2.156	4.745	220.915	57.023	40.407	0.000		318.345
3	3.668	170.750	44.074	31.231	24.810	0.000	270.865
4	2.703	125.840	32.482	23.017	18.284	15.488	215.111
5	1.992	92.742	23.939	16.963	13.475	11.414	158.533
6	1.468	68.349	17.642	12.501	9.931	8.412	116.836
6.102	1.423	66.254	17.102	12.118	9.627	8.154	113.255
7	1.186	55.193	14.247	10.095	8.020	6.793	94.348
8	0.967	45.032	11.624	8.237	6.543	5.542	76.979
9	0.789	36.742	9.484	6.720	5.339	4.522	62.807
10	0.644	29.978	7.738	5.483	4.356	3.690	51.245
11	0.525	24.459	6.313	4.474	3.554	3.010	41.811
12	0.429	19.956	5.151	3.650	2.900	2.456	34.113
12.02	0.427	19.875	5.130	3.635	2.888	2.446	33.975
13	0.368	17.115	4.418	3.131	2.487	2.107	29.257
14	0.316	14.693	3.793	2.687	2.135	1.808	25.117
15	0.271	12.614	3.256	2.307	1.833	1.552	21.562
16	0.233	10.829	2.795	1.981	1.573	1.333	18.511
17	0.200	9.296	2.400	1.700	1.351	1.144	15.891
18	0.171	7.981	2.060	1.460	1.160	0.982	13.642
19	0.147	6.851	1.768	1.253	0.995	0.843	11.711
20	0.126	5.882	1.518	1.076	0.855	0.724	10.054
21	0.108	5.049	1.303	0.924	0.734	0.621	8.631
22	0.093	4.335	1.119	0.793	0.630	0.533	7.410
23	0.080	3.721	0.961	0.681	0.541	0.458	6.361
24	0.069	3.195	0.825	0.584	0.464	0.393	5.461

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 10 (sepuluh) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.12 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 10 Tahun

t jam	Q m ³ /dtk	Q akibat hujan netto (m ³ /dtk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	38.591	0.000				38.591
2	3.960	203.684	52.575	0.000			256.259
2.156	4.745	244.096	63.006	44.647	0.000		351.749
3	3.668	188.667	48.699	34.508	27.413	0.000	299.287
4	2.703	139.044	35.890	25.432	20.203	17.113	237.683
5	1.992	102.473	26.450	18.743	14.889	12.612	175.168
6	1.468	75.521	19.494	13.813	10.973	9.295	129.096
6.102	1.423	73.207	18.896	13.390	10.637	9.010	125.139
7	1.186	60.985	15.741	11.155	8.861	7.506	104.248
8	0.967	49.758	12.843	9.101	7.230	6.124	85.056
9	0.789	40.598	10.479	7.426	5.899	4.997	69.398
10	0.644	33.124	8.550	6.059	4.813	4.077	56.622
11	0.525	27.026	6.976	4.943	3.927	3.326	46.198
12	0.429	22.050	5.692	4.033	3.204	2.714	37.693
12.02	0.427	21.961	5.669	4.017	3.191	2.703	37.540
13	0.368	18.911	4.881	3.459	2.748	2.328	32.327
14	0.316	16.235	4.191	2.969	2.359	1.998	27.752
15	0.271	13.937	3.598	2.549	2.025	1.715	23.825
16	0.233	11.965	3.088	2.188	1.738	1.473	20.453
17	0.200	10.272	2.651	1.879	1.492	1.264	17.558
18	0.171	8.818	2.276	1.613	1.281	1.085	15.073
19	0.147	7.570	1.954	1.385	1.100	0.932	12.940
20	0.126	6.499	1.677	1.189	0.944	0.800	11.109
21	0.108	5.579	1.440	1.020	0.811	0.687	9.537
22	0.093	4.789	1.236	0.876	0.696	0.589	8.187
23	0.080	4.112	1.061	0.752	0.597	0.506	7.028
24	0.069	3.530	0.911	0.646	0.513	0.434	6.034

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 25 (duapuluh lima) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.13 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 25 Tahun

t	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /dtk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
jam	m ³ /dtk	57.5557661	14.8562747	10.527294	8.36280363	7.0837866	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	43.180	0.000				43.180
2	3.960	227.903	58.826	0.000			286.729
2.156	4.745	273.120	70.498	49.955	0.000		393.573
3	3.668	211.100	54.489	38.611	30.673	0.000	334.873
4	2.703	155.577	40.158	28.456	22.605	19.148	265.944
5	1.992	114.658	29.595	20.972	16.660	14.112	195.996
6	1.468	84.501	21.811	15.456	12.278	10.400	144.446
6.102	1.423	81.911	21.143	14.982	11.902	10.081	140.019
7	1.186	68.236	17.613	12.481	9.915	8.398	116.643
8	0.967	55.674	14.371	10.183	8.089	6.852	95.170
9	0.789	45.425	11.725	8.308	6.600	5.591	77.649
10	0.644	37.062	9.566	6.779	5.385	4.561	63.354
11	0.525	30.239	7.805	5.531	4.394	3.722	51.691
12	0.429	24.672	6.368	4.513	3.585	3.037	42.175
12.02	0.427	24.572	6.343	4.494	3.570	3.024	42.003
13	0.368	21.160	5.462	3.870	3.075	2.604	36.171
14	0.316	18.165	4.689	3.323	2.639	2.236	31.052
15	0.271	15.595	4.025	2.852	2.266	1.919	26.657
16	0.233	13.388	3.456	2.449	1.945	1.648	22.885
17	0.200	11.493	2.967	2.102	1.670	1.415	19.646
18	0.171	9.866	2.547	1.805	1.434	1.214	16.866
19	0.147	8.470	2.186	1.549	1.231	1.042	14.479
20	0.126	7.271	1.877	1.330	1.057	0.895	12.430
21	0.108	6.242	1.611	1.142	0.907	0.768	10.671
22	0.093	5.359	1.383	0.980	0.779	0.660	9.161
23	0.080	4.601	1.187	0.841	0.668	0.566	7.864
24	0.069	3.949	1.019	0.722	0.574	0.486	6.751

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 50 (lima puluh) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.14 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 50 Tahun

t jam	Q m ³ /dk	Q akibat hujan netto (m ³ /dk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	46.597	0.000				46.597
2	3.960	245.939	63.482	0.000			309.421
2.156	4.745	294.735	76.077	53.909	0.000		424.721
3	3.668	227.807	58.801	41.667	33.100	0.000	361.375
4	2.703	167.890	43.336	30.708	24.394	20.663	286.991
5	1.992	123.732	31.938	22.631	17.978	15.229	211.508
6	1.468	91.188	23.538	16.679	13.250	11.223	155.878
6.102	1.423	88.394	22.816	16.168	12.844	10.879	151.100
7	1.186	73.637	19.007	13.469	10.699	9.063	125.874
8	0.967	60.080	15.508	10.989	8.730	7.394	102.701
9	0.789	49.020	12.653	8.966	7.123	6.033	83.794
10	0.644	39.995	10.324	7.315	5.811	4.922	68.368
11	0.525	32.632	8.423	5.969	4.741	4.016	55.782
12	0.429	26.625	6.872	4.870	3.869	3.277	45.512
12.02	0.427	26.517	6.844	4.850	3.853	3.264	45.328
13	0.368	22.835	5.894	4.177	3.318	2.810	39.034
14	0.316	19.603	5.060	3.586	2.848	2.413	33.510
15	0.271	16.829	4.344	3.078	2.445	2.071	28.767
16	0.233	14.447	3.729	2.642	2.099	1.778	24.696
17	0.200	12.403	3.201	2.268	1.802	1.526	21.201
18	0.171	10.647	2.748	1.947	1.547	1.310	18.201
19	0.147	9.140	2.359	1.672	1.328	1.125	15.625
20	0.126	7.847	2.025	1.435	1.140	0.966	13.413
21	0.108	6.736	1.739	1.232	0.979	0.829	11.515
22	0.093	5.783	1.493	1.058	0.840	0.712	9.886
23	0.080	4.965	1.281	0.908	0.721	0.611	8.486
24	0.069	4.262	1.100	0.780	0.619	0.525	7.285

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 100 (seratus) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.15 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 100 Tahun

t	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /dtk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
jam	m ³ /dtk	66.6712492	17.2091601	12.1945704	9.68727553	8.20569221	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	50.018	0.000				50.018
2	3.960	263.997	68.143	0.000			332.140
2.156	4.745	316.376	81.663	57.867	0.000		455.906
3	3.668	244.533	63.119	44.727	35.530	0.000	387.909
4	2.703	180.217	46.518	32.963	26.185	22.181	308.063
5	1.992	132.817	34.283	24.293	19.298	16.347	227.038
6	1.468	97.884	25.266	17.904	14.222	12.047	167.323
6.102	1.423	94.884	24.491	17.355	13.787	11.678	162.195
7	1.186	79.043	20.403	14.457	11.485	9.728	135.117
8	0.967	64.492	16.647	11.796	9.371	7.937	110.242
9	0.789	52.619	13.582	9.624	7.645	6.476	89.947
10	0.644	42.932	11.082	7.853	6.238	5.284	73.388
11	0.525	35.028	9.041	6.407	5.090	4.311	59.877
12	0.429	28.580	7.377	5.227	4.153	3.518	48.854
12.02	0.427	28.464	7.347	5.206	4.136	3.503	48.656
13	0.368	24.511	6.327	4.483	3.561	3.017	41.900
14	0.316	21.042	5.431	3.849	3.057	2.590	35.970
15	0.271	18.064	4.663	3.304	2.625	2.223	30.879
16	0.233	15.508	4.003	2.836	2.253	1.909	26.509
17	0.200	13.313	3.436	2.435	1.934	1.639	22.758
18	0.171	11.429	2.950	2.090	1.661	1.407	19.537
19	0.147	9.812	2.533	1.795	1.426	1.208	16.772
20	0.126	8.423	2.174	1.541	1.224	1.037	14.398
21	0.108	7.231	1.866	1.323	1.051	0.890	12.361
22	0.093	6.208	1.602	1.135	0.902	0.764	10.611
23	0.080	5.329	1.376	0.975	0.774	0.656	9.110
24	0.069	4.575	1.181	0.837	0.665	0.563	7.820

Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka debit untuk 1000 (seribu) tahun sesuai tabel berikut :

Tabel 4.16 Tabel Debit Untuk Periode Ulang 1000 Tahun

t	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /dtk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
jam	m ³ /dtk	82.3803389	21.2639849	15.0678569	11.9697928	10.1391186	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	61.803	0.000				61.803
2	3.960	326.200	84.199	0.000			410.399
2.156	4.745	390.921	100.904	71.502	0.000		563.326
3	3.668	302.150	77.991	55.265	43.902	0.000	479.308
4	2.703	222.680	57.478	40.729	32.355	27.407	380.649
5	1.992	164.111	42.360	30.017	23.845	20.198	280.532
6	1.468	120.947	31.219	22.122	17.574	14.886	206.748
6.102	1.423	117.240	30.262	21.444	17.035	14.430	200.411
7	1.186	97.667	25.210	17.864	14.191	12.021	166.953
8	0.967	79.687	20.569	14.575	11.578	9.808	136.217
9	0.789	65.017	16.782	11.892	9.447	8.002	111.140
10	0.644	53.048	13.693	9.703	7.708	6.529	90.680
11	0.525	43.282	11.172	7.916	6.289	5.327	73.986
12	0.429	35.314	9.115	6.459	5.131	4.346	60.365
12.02	0.427	35.170	9.078	6.433	5.110	4.329	60.120
13	0.368	30.287	7.818	5.540	4.401	3.728	51.772
14	0.316	26.000	6.711	4.756	3.778	3.200	44.445
15	0.271	22.321	5.761	4.083	3.243	2.747	38.155
16	0.233	19.162	4.946	3.505	2.784	2.358	32.755
17	0.200	16.450	4.246	3.009	2.390	2.025	28.120
18	0.171	14.122	3.645	2.583	2.052	1.738	24.140
19	0.147	12.123	3.129	2.217	1.762	1.492	20.724
20	0.126	10.408	2.686	1.904	1.512	1.281	17.791
21	0.108	8.935	2.306	1.634	1.298	1.100	15.273
22	0.093	7.670	1.980	1.403	1.114	0.944	13.112
23	0.080	6.585	1.700	1.204	0.957	0.810	11.256
24	0.069	5.653	1.459	1.034	0.821	0.696	9.663

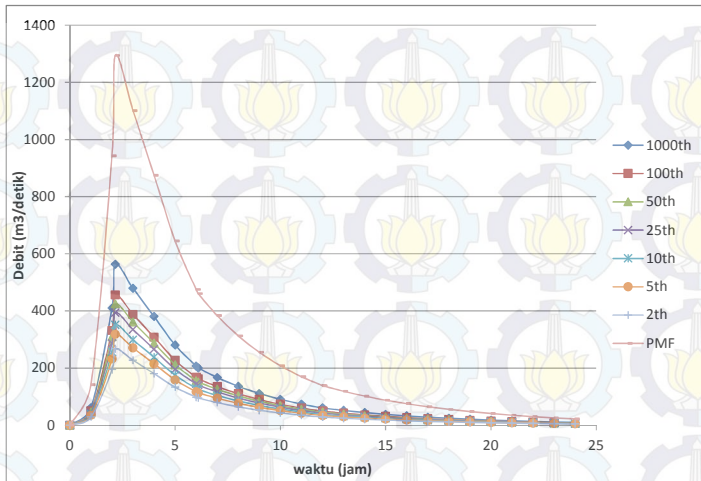
Sumber : Perhitungan

Dari durasi selama 24 jam, maka Q_{PMF} sesuai tabel berikut :

Tabel 4.17 Tabel Q_{pmf} Untuk Penelusuran Banjir Rencana

t	Q	Q akibat hujan netto (m ³ /dtk)					Q banjir
		jam-1	jam-2	jam-3	jam-4	jam-5	
jam	m ³ /dtk	189.287045	48.8587074	34.6217331	27.5032459	23.2968671	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0					0
1	0.750	142.007	0.000				142.007
2	3.960	749.517	193.465	0.000			942.983
2.156	4.745	898.226	231.850	164.291	0.000		1294.367
3	3.668	694.257	179.201	126.984	100.875	0.000	1101.317
4	2.703	511.656	132.068	93.585	74.343	62.973	874.626
5	1.992	377.082	97.332	68.971	54.790	46.410	644.585
6	1.468	277.903	71.732	50.830	40.379	34.203	475.048
6.102	1.423	269.386	69.534	49.272	39.142	33.155	460.488
7	1.186	224.413	57.925	41.046	32.607	27.620	383.611
8	0.967	183.099	47.261	33.490	26.604	22.535	312.990
9	0.789	149.391	38.561	27.325	21.706	18.387	255.369
10	0.644	121.889	31.462	22.294	17.710	15.002	208.357
11	0.525	99.449	25.670	18.190	14.450	12.240	169.999
12	0.429	81.141	20.944	14.841	11.790	9.987	138.702
12.02	0.427	80.811	20.859	14.781	11.742	9.946	138.139
13	0.368	69.590	17.963	12.728	10.111	8.565	118.958
14	0.316	59.742	15.421	10.927	8.680	7.353	102.123
15	0.271	51.287	13.238	9.381	7.452	6.312	87.670
16	0.233	44.029	11.365	8.053	6.397	5.419	75.263
17	0.200	37.798	9.756	6.913	5.492	4.652	64.611
18	0.171	32.448	8.376	5.935	4.715	3.994	55.467
19	0.147	27.856	7.190	5.095	4.047	3.428	47.618
20	0.126	23.914	6.173	4.374	3.475	2.943	40.879
21	0.108	20.530	5.299	3.755	2.983	2.527	35.093
22	0.093	17.624	4.549	3.224	2.561	2.169	30.127
23	0.080	15.130	3.905	2.767	2.198	1.862	25.863
24	0.069	12.989	3.353	2.376	1.887	1.599	22.203

Sumber : Perhitungan

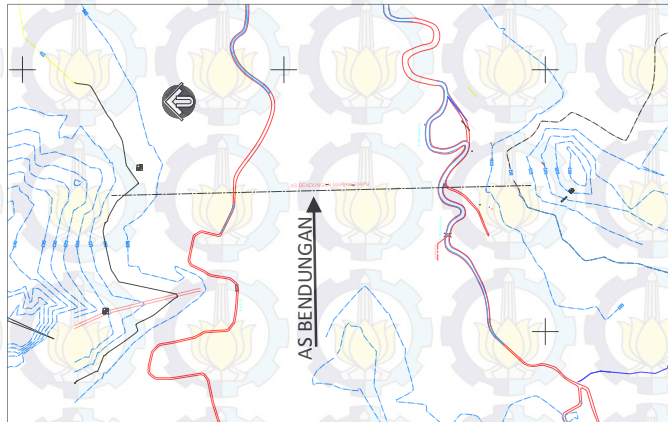


Gambar 4.3 Kurva Q_{PMF} Sungai Marangkayu

Kurva pada gambar 4.3 merupakan hidrograf satuan tunggal untuk periode ulang 2 tahun sampai 1000 tahun. Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung ke saluran dari limpasan permukaan oleh hujan satuan (*Kamiana, 2010*). Jadi asumsi limpasan permukaan yang masuk ke saluran adalah limpasan efektif (*Surface Runoff Effective*) pada saluran/sungai yang akan dibangun bendungan.

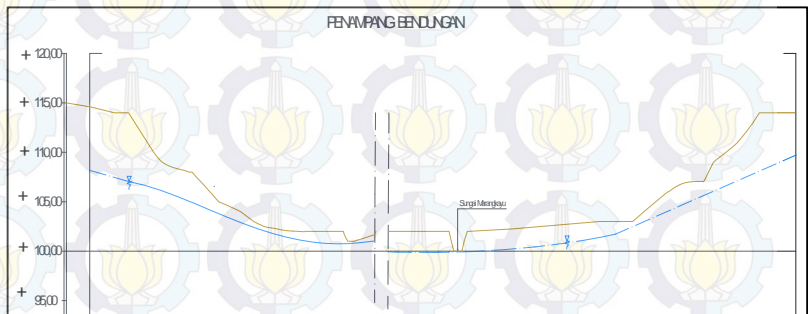
Q_{PMF} dari tabel 4.17 dengan puncak *spillway* pada elevasi +110, maka dari perhitungan didapat elevasi maksimal dari debit PMF yaitu +111,5 m (*Ainul Yaqien, 2014*).

4.3 Menghitung Tampang Bendungan



Gambar 4.4 Menentukan As Dari Rencana Tubuh Bendungan

Tampang bendungan Marangkayu dihitung dari volume antara dua kontur yang berurutan. Sebelumnya ditentukan dahulu as bendungan (gambar 4.4) yang merupakan jarak penampang terpendek, kokoh serta tidak mudah longsor (*Handout Waduk dan PLTA*). Dengan bantuan *software CAD* panjang as = 801,92 m dan lebar = 88,70 m.



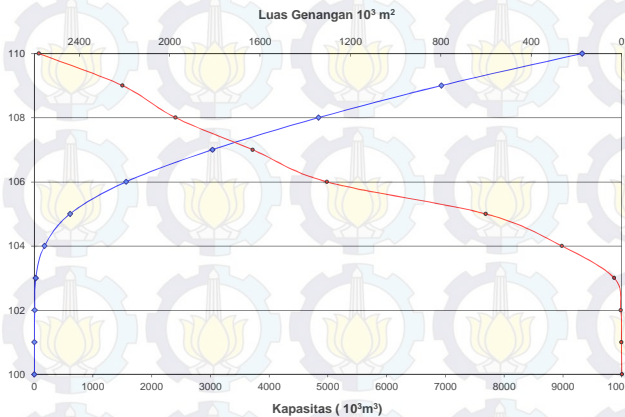
Gambar 4.5 Profil Memanjang As Bendungan

Berikut tabel 4.18 perhitungan volume dari bendungan yang akan dibangun sesuai potongan memanjang as bendungan (gambar 4.5).

Tabel 4.18 Luas Genangan Terhadap Elevasi dan Isi Bendungan

Elevasi	Luas Genangan	luas Rata-rata	Kapasitas	Kumulatif Kapasitas
MAW	10^3 m^2	10^3 m^2	10^3 m^3	10^3 m^3
100.00	0		0	0
101.00	2.3	1.15	1.15	1.15
102.00	4.89	3.60	3.60	4.75
103.00	34.30	19.60	19.60	24.34
104.00	265.23	149.77	149.77	174.11
105.00	602.50	433.87	433.87	607.97
106.00	1,348.60	975.55	975.55	1,583.52
107.00	1,621.92	1485.26	1485.26	3,068.78
108.00	1,975.22	1798.57	1798.57	4,867.35
109.00	2,210.12	2092.67	2092.67	6,960.02
110.00	2,580.08	2395.10	2395.10	9,355.12

Dari tabel 4.18 diatas dapat dibuat grafik hubungan Elevasi, Luas dan Isi bendungan berikut :



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Elevasi, Luas dan Isi Bendungan

Daerah yang digenangi Bendungan Marangkayu seluas 2400 m^2 dan volume sebesar $9,355 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.3.1 Menghitung Sedimen dari Sungai Marangkayu

Sedimen sangat berpengaruh pada tumpukan dan stabilitas pada suatu bendungan. Oleh karena itu perlu dihitung sedimen yang akan terjadi selama umur rencana bendungan.

Data – data penunjang dari sungai Marangkayu yaitu :

- a. Operasi waduk tipe : 2
 Sesuai tipe 2 maka berat jenis sedimen awal
- | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-------------|-------|-------|
| W_s | = 1150 | , Konstanta | K_s | = 0 |
| W_m | = 1140 | , Konstanta | K_m | = 29 |
| W_c | = 561 | , Konstanta | K_c | = 135 |
| Inflow sedimen per hari | = 44,6 ton/hari | | | |

- b. Butiran Sedimen :
- Pasir (sand) : 41%
 - Lanau (silt) : 27%
 - Lempung : 32%
- (Sumber : Dinas Pengairan Kec. Marangkayu Kab. Kutai Kertanegara)

4.3.1.1 Berat jenis Sedimen Awal W_i (initial)

$$\begin{aligned} W_i &= W_s \cdot \% \text{pasir} + W_m \cdot \% \text{ Lanau} + W_c \cdot \% \text{clay} \\ &= 1150 \times 41\% + 1140 \times 27\% + 561 \times 32\% \\ &= 1122,8 \text{ kg/m}^3 \\ K &= K_s \cdot \% \text{pasir} + K_m \cdot \% \text{ Lanau} + K_c \cdot \% \text{clay} \\ &= 0 \times 41\% + 29 \times 27\% + 135 \times 32\% \\ &= 51,03 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat Jenis Setelah $T = 10$ tahun

$$\begin{aligned} W_t &= W_i + 0,4343 \cdot K \left(\left(\frac{T}{T-1} \right) \cdot \ln T - 1 \right) \\ W_{10} &= 1122,8 \text{ kg/m}^3 + 0,4343 \cdot 51,03 \left(\left(\frac{1}{1-1} \right) \cdot \ln 10 - 1 \right) \\ &= 1157,36 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan dari sedimen tahun ke-20 selanjutnya dapat di tabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.19 Tabel Sedimen Selama 100 Tahun

Waktu (Tahun)	WT	
	kg/m ³	ton/m ³
10	1157.36	1.157
20	1170.54	1.171
30	1178.64	1.179
40	1184.51	1.185
50	1189.13	1.189
75	1197.64	1.198
100	1203.75	1.204

4.3.1.2 Sedimen yang terjadi setelah T tahun

Sedimen yang terjadi setelah tertampung di waduk selama T tahun dihitung dengan rumus :

$$V_t = \text{inflow sedimen} \times T \times \text{Efisiensi} / W_t$$

Efisiensi = 0,9 (grafik Brune)

Tabel 4.20 Volume Sedimen Selama 100 Tahun

Waktu (Tahun)	Berat Jenis (ton/m ³)	Volume Sedimen (10 ⁶ m ³)
10	1.157	0.127
20	1.171	0.250
30	1.179	0.373
40	1.185	0.495
50	1.189	0.616
75	1.198	0.918
100	1.204	1.217

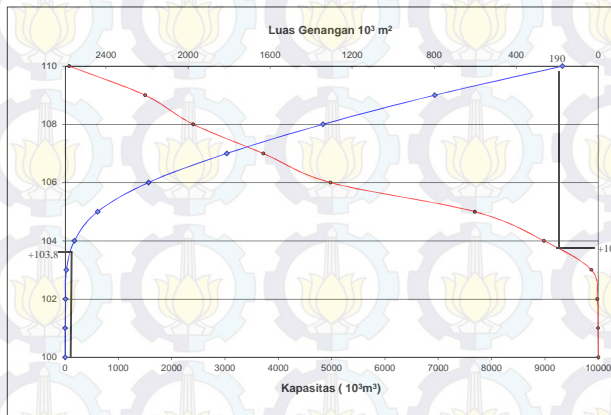
Dari tabel 4.17 selama 10 tahun terjadi endapan yaitu Tahun ke-10 dari mulai digenangi

$$V_{10} = 0,127 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V_{50} &= V_{10} + V_{20} + V_{30} + V_{40} + V_{50} \\ &= 0,127 \times 10^6 + 0,25 \times 10^6 + 0,373 \times 10^6 + 0,495 \times 10^6 \\ &\quad + 0,616 \times 10^6 \\ &= 1,861 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dipakai *dead storage* saat sedimen terjadi pada 10 tahun pertama yaitu $V_{10} = 0,127 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Kemudian di plotkan ke gambar 4.6 grafik hubungan luas, Volume dan Elevasi untuk mendapatkan elevasinya.



Gambar 4.7 Menentukan elevasi *dead storage*

Dari gambar 4.7 didapat elevasi *dead storage* adalah +103,8 m dan seluas $190 \times 10^3 \text{ m}^2$.

4.4 Menghitung Kebutuhan Air Baku

Kecamatan Marangkayu dengan jumlah penduduk 21.974 jiwa (BPS Kaltim, 2004) membutuhkan air baku untuk keperluan sehari – hari. mengacu pada SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing pada Tabel 1 kategori rumah tinggal, kebutuhan pemakaian air sebesar 120 liter/orang/hari, sedangkan umur rencana dasar perencanaan kebutuhan air baku ditetapkan 20 tahun. Sehingga proyeksi penduduk di masa datang dengan rumus (*Nadjadi Anwar,2012*):

$$P_n = P_o + (1 + r)^n$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke – n

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun yang ditinjau

r = Prosentase pertumbuhan geometrikal tiap tahun

n = Periode waktu yang ditinjau

$$\begin{aligned} P_n &= 21974 \times (1 + 1,47\%)^{20} \\ &= 29422 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan air dalam sehari yaitu, (O_b)

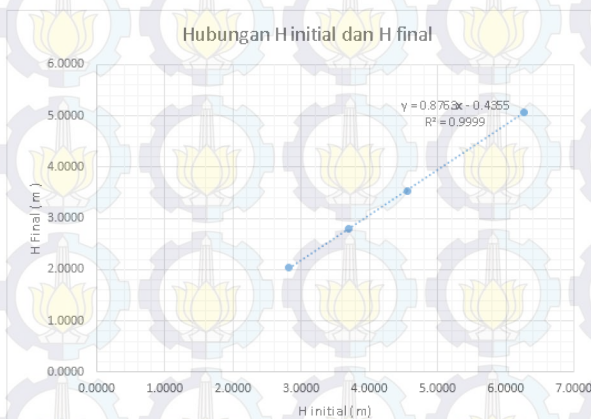
$$\begin{aligned} O_b &= P_n \times (120/\text{ltr/orang/hari}) \times 365 \\ &= 29422 \text{ jiwa} \times (120/\text{ltr/orang/hari}) \\ &= 3,54 \times 10^6 \text{ liter/hari} \\ &= 3.540 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dari tabel preloading diatas dapat dibuat tabel hubungan antara $H_{initial}$ dan H_{final} berikut grafiknya.

Tabel 5.31 Tabel $H_{initial}$ dan H_{final}

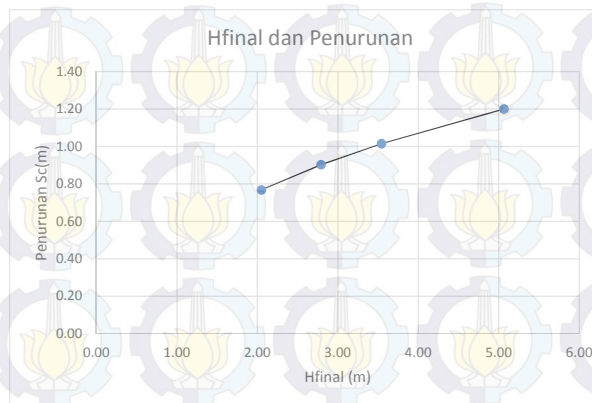
No	Beban q	Penurunan akibat q (m)	$H_{initial}$ (m)	H_{final} (m)
a	b	c	$d = ((b/10)+c)/1.9$	d-c
1	45.87	0.7687	2.8188	2.0501
2	61.16	0.9029	3.6941	2.7913
3	76.45	1.0159	4.5583	3.5425
4	107.03	1.2000	6.2647	5.0647

Sumber : Perhitungan



Sumber : Perhitungan

Gambar 5.37 Grafik Hubungan $H_{initial}$ dan H_{final}



Sumber : Perhitungan

Gambar 5.38 Grafik Hubungan Penurunan Sc Kumulatif Dan H_{final}

Pada grafik diatas dapat diketahui untuk $H_{final} = 4$ m, maka penurunan kumulatif yang terjadi $Sc = 1,1$ m

Lamanya penurunan lapisan tanah **tanpa PVD** sebesar :
single drainage $h_{dr} = 10$ m, $T_{90\%} = 0.848$
 $C_v = 0,00123$ cm²/sec (Tabel 5.1 Uji Laboratorium Tanah)

$$t = \frac{T_{90\%} \times h^2}{C_v}$$

$$t = \frac{0,848 \times (1000 \text{ cm})^2}{0,00123 \times 3600 \times 24 \times 365}$$

$$t = 21,8 \text{ tahun}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk penurunan 90% adalah 21,8 tahun. Oleh karena itu diperlukan PVD untuk mempercepat konsolidasi. Dari gambar 5.13

grafik hubungan $H_{initial}$ dan H_{final} direncanakan $h_{final} = 4$ m, maka $h_{initial} = 5,1$ m.

Direncanakan menggunakan PVD sehingga waktu konsolidasi dihitung dalam detik selama satu minggu. Tabel berikut menghitung konsolidasi dalam satu minggu.

$$T_v = \frac{C_v}{t \times H_{dr}^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{4 * T_v}{\Pi}}$$

$$F(n) = \ln\left(\frac{D}{dw}\right) - \frac{3}{4}$$

Tabel 5.32 Menghitung Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD

Jarak PVD S (m)	D m	a m	b m	dw m	F(n)
0.5	0.525	0.1	0.004	0.052	1.562155
0.8	0.84	0.1	0.004	0.052	2.032158
1	1.05	0.1	0.004	0.052	2.255302
1.2	1.26	0.1	0.004	0.052	2.437623
1.5	1.575	0.1	0.004	0.052	2.660767
2	2.1	0.1	0.004	0.052	2.948449

Sumber : Perhitungan

Tiap minggu = 604800 detik
 $C_v = 0,00123 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Tebal, Hdr = 1000 cm

Tabel 5.33 Menghitung Konsolidasi Tiap Minggu

t (minggu)	T_v	U(%)	U (desimal)
1	0.0007439	3.078	0.031
2	0.0014878	4.352	0.044
3	0.0022317	5.331	0.053
4	0.0029756	6.155	0.062
5	0.0037195	6.882	0.069
6	0.0044634	7.539	0.075
7	0.0052073	8.143	0.081
8	0.0059512	8.705	0.087
9	0.0066951	9.233	0.092
10	0.0074390	9.732	0.097
11	0.0081829	10.207	0.102
12	0.0089268	10.661	0.107
13	0.0096708	11.096	0.111
14	0.0104147	11.515	0.115
15	0.0111586	11.920	0.119
16	0.0119025	12.310	0.123
17	0.0126464	12.689	0.127
18	0.0133903	13.057	0.131
19	0.0141342	13.415	0.134
20	0.0148781	13.763	0.138
21	0.0156220	14.103	0.141
22	0.0163659	14.435	0.144
23	0.0171098	14.760	0.148
24	0.0178537	15.077	0.151
25	0.0185976	15.388	0.154

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34a Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 0,5 \text{ m}$ (a)

SPASI 0.5 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.76	76.69
2	0.0015	0.04	0.94	94.47
3	0.0023	0.05	0.99	98.68
4	0.0031	0.06	1.00	99.69
5	0.0038	0.07	1.00	99.93
6	0.0046	0.08	1.00	99.98
7	0.0054	0.08	1.00	100.00
8	0.0061	0.09	1.00	100.00
9	0.0069	0.09	1.00	100.00
10	0.0077	0.10	1.00	100.00
11	0.0084	0.10	1.00	100.00
12	0.0092	0.11	1.00	100.00
13	0.0100	0.11	1.00	100.00
14	0.0107	0.12	1.00	100.00
15	0.0115	0.12	1.00	100.00
16	0.0123	0.12	1.00	100.00
17	0.0130	0.13	1.00	100.00
18	0.0138	0.13	1.00	100.00
19	0.0146	0.14	1.00	100.00
20	0.0153	0.14	1.00	100.00
21	0.0161	0.14	1.00	100.00
22	0.0169	0.15	1.00	100.00
23	0.0176	0.15	1.00	100.00
24	0.0184	0.15	1.00	100.00
25	0.0192	0.16	1.00	100.00

a

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34b Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga
Untuk Pemasangan PVD Dengan $S = 0,8 \text{ m}$ (b)

SPASI 0.8 m

t (minggu)	T_v	U_v	U_h	U_{gab} (%)
1	0.0008	0.03	0.35	36.84
2	0.0015	0.04	0.57	59.37
3	0.0023	0.05	0.72	73.79
4	0.0031	0.06	0.82	83.06
5	0.0038	0.07	0.88	89.04
6	0.0046	0.08	0.92	92.91
7	0.0054	0.08	0.95	95.41
8	0.0061	0.09	0.97	97.02
9	0.0069	0.09	0.98	98.07
10	0.0077	0.10	0.99	98.75
11	0.0084	0.10	0.99	99.19
12	0.0092	0.11	0.99	99.47
13	0.0100	0.11	1.00	99.66
14	0.0107	0.12	1.00	99.78
15	0.0115	0.12	1.00	99.86
16	0.0123	0.12	1.00	99.91
17	0.0130	0.13	1.00	99.94
18	0.0138	0.13	1.00	99.96
19	0.0146	0.14	1.00	99.97
20	0.0153	0.14	1.00	99.98
21	0.0161	0.14	1.00	99.99
22	0.0169	0.15	1.00	99.99
23	0.0176	0.15	1.00	100.00
24	0.0184	0.15	1.00	100.00
25	0.0192	0.16	1.00	100.00

b

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.3c Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga
Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 1,0 \text{ m(c)}$

SPASI 1m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.22	24.30
2	0.0015	0.04	0.39	41.64
3	0.0023	0.05	0.52	54.87
4	0.0031	0.06	0.63	65.05
5	0.0038	0.07	0.71	72.91
6	0.0046	0.08	0.77	78.98
7	0.0054	0.08	0.82	83.69
8	0.0061	0.09	0.86	87.33
9	0.0069	0.09	0.89	90.16
10	0.0077	0.10	0.92	92.35
11	0.0084	0.10	0.93	94.06
12	0.0092	0.11	0.95	95.38
13	0.0100	0.11	0.96	96.41
14	0.0107	0.12	0.97	97.21
15	0.0115	0.12	0.98	97.83
16	0.0123	0.12	0.98	98.31
17	0.0130	0.13	0.98	98.69
18	0.0138	0.13	0.99	98.98
19	0.0146	0.14	0.99	99.20
20	0.0153	0.14	0.99	99.38
21	0.0161	0.14	0.99	99.52
22	0.0169	0.15	1.00	99.62
23	0.0176	0.15	1.00	99.71
24	0.0184	0.15	1.00	99.77
25	0.0192	0.16	1.00	99.82

c

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34d Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 1,2 \text{ m}$ (d)

SPASI 1,2 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.15	17.32
2	0.0015	0.04	0.27	30.39
3	0.0023	0.05	0.38	41.21
4	0.0031	0.06	0.47	50.27
5	0.0038	0.07	0.55	57.89
6	0.0046	0.08	0.61	64.32
7	0.0054	0.08	0.67	69.75
8	0.0061	0.09	0.72	74.35
9	0.0069	0.09	0.76	78.24
10	0.0077	0.10	0.80	81.53
11	0.0084	0.10	0.83	84.32
12	0.0092	0.11	0.85	86.69
13	0.0100	0.11	0.87	88.70
14	0.0107	0.12	0.89	90.40
15	0.0115	0.12	0.91	91.84
16	0.0123	0.12	0.92	93.07
17	0.0130	0.13	0.93	94.11
18	0.0138	0.13	0.94	95.00
19	0.0146	0.14	0.95	95.75
20	0.0153	0.14	0.96	96.39
21	0.0161	0.14	0.96	96.93
22	0.0169	0.15	0.97	97.39
23	0.0176	0.15	0.97	97.78
24	0.0184	0.15	0.98	98.11
25	0.0192	0.16	0.98	98.40

d

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34e Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga
Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 1,5 \text{ m}(e)$

SPASI 1.5 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.09	11.72
2	0.0015	0.04	0.17	20.63
3	0.0023	0.05	0.24	28.43
4	0.0031	0.06	0.31	35.36
5	0.0038	0.07	0.37	41.56
6	0.0046	0.08	0.43	47.12
7	0.0054	0.08	0.48	52.14
8	0.0061	0.09	0.52	56.66
9	0.0069	0.09	0.57	60.73
10	0.0077	0.10	0.61	64.42
11	0.0084	0.10	0.64	67.75
12	0.0092	0.11	0.67	70.76
13	0.0100	0.11	0.70	73.49
14	0.0107	0.12	0.73	75.96
15	0.0115	0.12	0.75	78.19
16	0.0123	0.12	0.77	80.22
17	0.0130	0.13	0.79	82.05
18	0.0138	0.13	0.81	83.72
19	0.0146	0.14	0.83	85.22
20	0.0153	0.14	0.84	86.59
21	0.0161	0.14	0.86	87.83
22	0.0169	0.15	0.87	88.95
23	0.0176	0.15	0.88	89.97
24	0.0184	0.15	0.89	90.90
25	0.0192	0.16	0.90	91.74

e

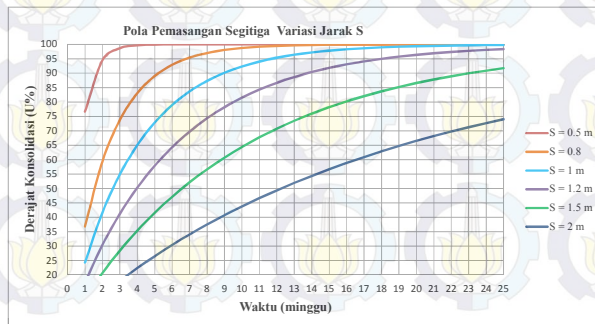
Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34f Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 2,0$ m (f)

SPASI 2m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.05	7.59
2	0.0015	0.04	0.09	13.02
3	0.0023	0.05	0.13	17.89
4	0.0031	0.06	0.17	22.37
5	0.0038	0.07	0.21	26.53
6	0.0046	0.08	0.25	30.42
7	0.0054	0.08	0.28	34.07
8	0.0061	0.09	0.31	37.50
9	0.0069	0.09	0.35	40.73
10	0.0077	0.10	0.38	43.77
11	0.0084	0.10	0.40	46.65
12	0.0092	0.11	0.43	49.37
13	0.0100	0.11	0.46	51.94
14	0.0107	0.12	0.48	54.38
15	0.0115	0.12	0.51	56.68
16	0.0123	0.12	0.53	58.86
17	0.0130	0.13	0.55	60.93
18	0.0138	0.13	0.57	62.89
19	0.0146	0.14	0.59	64.75
20	0.0153	0.14	0.61	66.51
21	0.0161	0.14	0.63	68.18
22	0.0169	0.15	0.65	69.77
23	0.0176	0.15	0.66	71.27
24	0.0184	0.15	0.68	72.70
25	0.0192	0.16	0.69	74.06

f Sumber : Perhitungan



Gambar 5.39 Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) Dan Waktu (minggu) Dengan Variasi Jarak 's' Dari **Tabel 5.34a,b,c,d,e,f**

Pada grafik diatas dipilih pemasangan PVD dengan jarak $s = 1$ m karena lebih ekonomis sehingga, $D = 1,05$ $s = 1,05 * 1 = 1,05$ m

Penurunan yang terjadi karena konsolidasi $S_c = 1,1$ m dari $H_{initial} = 5,1$ m, sehingga dapat dihitung nilai Δe dengan rumus (*Modul Teknik Reklamasi*)

$$\Delta e = \frac{\Delta H}{H} \times (1 + e)$$

Keterangan : Δe = perubahan angka pori (%)
 ΔH = S_c , penurunan setelah terjadi konsolidasi
 H = tinggi lapisan kompresibel tanah
 e = angka pori sebelum konsolidasi

$$\Delta e = \frac{1,1m}{10} \times (1 + 0,49)$$

$$\Delta e = 0,1639$$

$$e_p = e_0 - \Delta e$$

$$e_p = 0,49 - 0,1639 = 0,3261 \approx 32,61\%$$

Setelah terjadi konsolidasi, angka pori lebih mampat menjadi $e_p = 32,61\%$.

Menghitung peningkatan kohesi pada tanah lunak akibat timbunan diatasnya, bila diketahui :

Tebal lapisan tanah, $h = 10$ m

$\gamma_{timbunan} = 1,529$ t/m³ (tabel 5.1 uji lab mekanika tanah)

PI = 83,02% (tabel 5.1 uji lab mekanika tanah)

I = 0,5 (gambar 5.34 grafik oesterberg)

$\gamma'_{tanah} = 0,782$ t/m³

$$P_o' = \gamma'_{\text{tanah}} \times \frac{1}{2} h$$

$$= 0,782 \text{ t/m}^3 \times \frac{1}{2} \times 10 \text{ m} = 3,912 \text{ t/m}^2$$

Pada kedalaman 1 m, maka $\Delta P_1 = 2 \times I \times \frac{1}{2} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{timb}}$

$$\Delta P_1 = 2 \times 0,5 \times 0,5 \text{ m} \times 1,529 = 0,765 \text{ t/m}^2$$

$$P_i' = P_o' + \Delta P_1 = 3,912 \text{ t/m}^2 + 0,765 \text{ t/m}^2 = 4,676 \text{ t/m}^2$$

Maka ΔP_1 saat $U_1\% = 0,243$ (tabel 5.31 c)

$$\Delta P_{1U} = \left[\left(\frac{P'_1}{P'_0} \right)^U \cdot P'_0 \right] - P'_0$$

$$\Delta P_{1U} = \left[\left(\frac{4,676}{3,912} \right)^{0,243} \cdot 3,912 \right] - 3,912 = 0,1735 \text{ t/m}^2$$

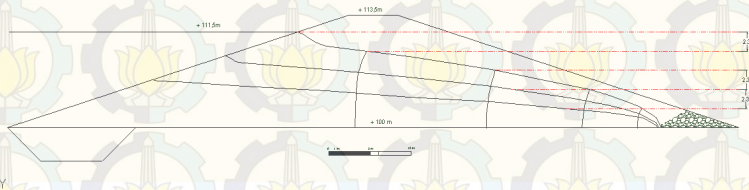
$$P'_H = 3,912 \text{ t/m}^2 + 0,1735 \text{ t/m}^2 = 4,085 \text{ t/m}^2 = 0,4085 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_u = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 83,02\%) \times 0,4085 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,0970 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 9,70 \text{ kN/m}^2$$

5.4 Menghitung keamanan bendungan terhadap rembesan



Gambar 5.40 Gambar Trayektori Pada Tubuh Bendungan

Karena ada genangan, sehingga terjadi aliran tetap pada tubuh bendungan yang sifat alirannya laminar. Garis freatik didesain dari perhitungan saat muka air setinggi H_{max} , $\frac{3}{4} H_{\text{max}}$ dan $\frac{1}{2} H_{\text{max}}$.

$$\text{Jarak vertikal} = \frac{H \text{ max}}{5} = \frac{11,5m}{5} = 2,3m$$

Menghitung debit rembesan q bila diketahui data sebagai berikut :

$$H_{\text{max}} = 11,5 \text{ m}$$

$$k_{20} = 1,42 \times 10^{-7} \text{ m/det} = 1,27 \times 10^{-2} \text{ m/hari}$$

$$N_f = 3$$

$$N_p = 5$$

$$q = \frac{N_f}{N_p} \times k_{20} \times h \times L$$

$$q = \frac{3}{5} \times 1,27 \times 10^{-2} \times 11,5m \times 78,5m = 6,65 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Karena aliran rembesan dalam tubuh bendungan saat fullbank dianggap aliran tetap, maka kecepatannya dapat dirumuskan (*Sosrodarsono, 2002*) :

$$H \text{ rata - rata} = 2,33 \text{ m}$$

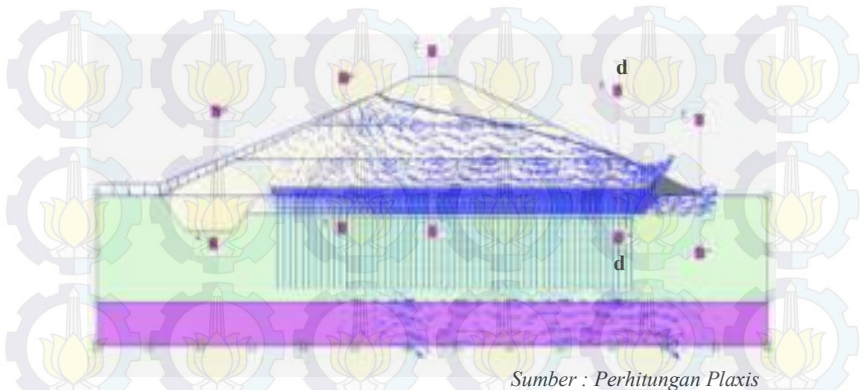
$$L \text{ rata - rata} = 78,7 / 5 = 15,74 \text{ m}$$

$$v = k \times i = k \times \frac{h_2}{l}$$

$$v = 1,27 \times 10^{-2} \times \frac{2,3}{15,74} = 1,86 \times 10^{-3} \text{ m/hari}$$

$$v = 1,9 \times 10^{-3} \text{ m/hari}$$

Jadi kecepatan aliran rembesan = $1,9 \times 10^{-3}$ m/hari. Aliran rembesan dalam tubuh bendungan ini juga dimodelkan pada program Plaxis seperti pada gambar 5.41



Sumber : Perhitungan Plaxis

Gambar 5.41 Aliran Rembesan Pada Tubuh Bendungan

Ditinjau pada potongan D – D, besarnya kecepatan aliran rembesan pada tubuh bendungan dihitung dengan bantuan program Plaxis 8.2, pada elevasi +0,73 kecepatan alirannya sebesar 2×10^{-3} m/hari, seperti ditunjukkan pada tabel 5.35

Tabel 5.35 Tabel Kecepatan Aliran Rembesan (kolom 3)

X [m]	Y [m]	q [m/day]
7.63	1.000	0.002
7.63	1.000	0.002
7.63	0.727	0.002
7.63	0.727	0.002
7.63	0.000	0.003
7.63	0.000	0.003

Sumber : Perhitungan Plaxis

Kecepatan aliran pada hitungan manual dan program Plaxis ada beda tipis sebesar $2,0 \times 10^{-3}$ m/hari – $1,9 \times 10^{-3}$ m/hari samadengan $0,1 \times 10^{-3}$ m/hari.

5.5 Analisa Anggaran Biaya Bendungan Marangkayu

Untuk menghitung analisa biaya pembangunan tubuh bendungan Marangkayu Kabupaten Kutai Kertanegara, dipakai HSPK tahun 2005 dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Kalimantan Timur (lampiran).

Pekerjaan tubuh bendungan meliputi :

- a. Pekerjaan Persiapan
Pekerjaan ini dibagi dua yaitu Mobilisasi dan Pekerjaan *Land Clearing*.
- b. Pekerjaan Tanah Tubuh Bendungan
Pekerjaan tanah merupakan yang terbesar volumenya, sehingga diperlukan alat berat untuk menyelesaikannya. Dalam pekerjaan tanah digabungkan pekerjaan filter bendungan, karena filter termasuk didalam tubuh bendungan. Pekerjaan tanah pada tubuh bendungan ini dibagi :
 - Galian Pondasi
 - Galian Cutoff Trench
 - Timbunan tanah pilihan dengan alat
 - Pekerjaan filter koral dan pasir
- c. Pasangan batu untuk drainase tumit (*Toedrain*)
- d. Pemasangan PVD
Konsolidasi dapat lebih cepat dengan pemasangan PVD pada tubuh bendungan terutama daerah kritis yaitu STA 0+150 s/d STA 0+750

5.5.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan ini terdiri dari :

- a. Mobilisasi
- b. Pekerjaan *Land Clearing*

A. Mobilisasi

- a.1 Asumsi

Buldozer 100 Hp : 1 unit

Excavator 100 Hp : 2 unit
 Vibrator Roller 10 T : 1 unit
 Dump truk : 5 unit
 Base Camp : 1 unit

a.2 Metode Pelaksanaan
 Mobilisasi dan Demobilisasi Alat sampai ke lokasi pekerjaan.

Tabel 5.36 Perhitungan Analisa Harga Satuan Mobilisasi

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
III.	ALAT				
	1. Buldozer	unit	2,00	1.000.000,00	2.000.000,00
	2. Excavator	unit	3,00	1.000.000,00	3.000.000,00
	3. Vibrator Roller	unit	1,00	1.000.000,00	1.000.000,00
	4. Dump Truk 10 Ton	unit	5,00	1.500.000,00	7.500.000,00
	5. Base Camp	unit	1,000	20.000.000,00	20.000.000,00
			Total		33.500.000,00
IV.	Jumlah Harga				33.500.000,00
V.	Harga Satuan Pekerjaan				33.500.000,00

Sumber : Perhitungan

B. Pekerjaan Land Clearing

b.1 Asumsi

Pekerjaan land clearing kuncinya pada pekerja yang melakukan tebas tebang.

Jumlah pekerja, P = 10 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Kap. Pekerja} \times t, Q1 &= 30 \text{ m}^2/\text{jam} \times 7\text{jam} \\ &= 210 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Ksp. Buldozer, Bd} = 249 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{10 \times 7}{210} = 0,333$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef Buldozer} = \frac{1}{Bd} = \frac{1}{249} = 0,004$$

b.2 Metode Pelaksanaan
Setelah tumbuhan ditebas tebang maka dibersihkan oleh Buldozer

Tabel 5.37 Perhitungan Analisa Harga Satuan *Land Clearing*

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.333	6.200,00	2.064,60
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	356,31
III.	ALAT				
	1. Alat Bantu	Ls	1.000	150,00	150,00
	2. Buldozer	jam	0.004	639.900,00	2.519,60
			Total		5.090,51
IV.	Jumlah Harga				5.090,51
V.	Harga Satuan Pekerjaan				5.090,00

Sumber : Perhitungan

5.5.2 Pekerjaan tanah timbunan tubuh bendungan

Pekerjaan tanah pada tubuh bendungan terdiri dari :

a. Galian Pondasi

a.1 Asumsi :

Pekerjaan ini yang menentukan adalah alat berat Excavator. Sehingga dapat di hitung sebagai berikut:

Jumlah pekerja, P = 3 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 30 m3/jam x 7jam

Q1 = 210 m3/hari

Kap. Excavator, Exc = 30 m3/jam

Kap. Dump truk, DT = 11,71 m3/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = 0,100$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = 0,033$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{11,71} = 0,085$$

a.2 Metode Pelaksanaan

Tanah yang digali dengan Excavator dibuang kesamping dan atau diterima oleh Dump Truk untuk dibuang keluar lokasi.

Tabel 5.38 Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian Pondasi

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0.033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truk	Jam	0.086	361.620,00	31.099,32
	3. Alat Bantu	LS	1.000	1.500,00	1.500,00
			Total		52.716,71
IV.	Jumlah Harga				52.716,71
V.	Harga Satuan Pekerjaan				52.716,00

Sumber : Perhitungan

b. Galian *cutoff trench*

b.1 Asumsi

Pekerjaan galian *cutoff trench* yang menentukan adalah Dump Truk, maka koefisien alat berat Excavator samadengan koefisien Dump Truk. Sehingga dapat di hitung sebagai berikut:

Jumlah pekerja, P = 3 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 30 m³/jam x 7jam

Q1 = 210 m³/hari

Kap. Excavator, Exc = 30 m³/jam

Kap. Dump truk, DT = 11,71 m³/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = 0,100$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef.excavator} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{11,71} = 0,085$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{11,71} = 0,085$$

b.2 Metode Pelaksanaan

Tanah yang digali dengan Excavator dibuang langsung diterima oleh Dump Truk untuk dibuang keluar lokasi.

Tabel 5.39 Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian *Cutoff Trench*

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0.085	580.130,00	49.311,05
	2. Dump Truk	Jam	0.085	361.620,00	30.737,70
	3. Alat Bantu	Ls	1.000	1.500,00	1.500,00
			Total		82.521,85
IV.	Jumlah Harga				82.521,85
V.	Harga Satuan Pekerjaan				82.521,00

Sumber : Perhitungan

c. Timbunan tanah pilihan dengan alat

c1. Asumsi

Timbunan tanah pilihan untuk tubuh bendungan dengan alat berat sebagai kunci adalah kapasitas produksi Excavator di Borrow Area. Dapat dihitung seperti berikut :

Jumlah pekerja, P = 3 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 30 m³/jam x 7jam

$$\begin{aligned}
 Q1 &= 210 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Kap. Excavator, Exc} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kap. Dump truk, DT} &= 9,47 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kap. Motor Grader, MG} &= 113,8 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kap. Vibrator Rolle, Vb} &= 62,25 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = 0,100$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = 0,033$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{\text{DT}} = \frac{1}{9,47} = 0,106$$

$$\text{Koef Motor Grader} = \frac{1}{\text{MG}} = \frac{1}{113,8} = 0,009$$

$$\text{Koef Vibro Roller} = \frac{1}{\text{vb}} = \frac{1}{62,25} = 0,016$$

c.2 Metode Pelaksanaan

Excavator menggali tanah di Borrow Area sebagian ada di stok sekeliling excavator dan sebagian yang lain dimasukkan dump truk. Lalu di bawa ke lokasi *embankment* untuk di hampar oleh motor grader dengan ketebalan tertentu, setelah itu dipadatkan oleh vibrator roller (vibro) dengan jumlah passing sesuai trial sebelumnya.

Tabel 5.40 Perhitungan Analisa Harga timbunan tanah pilihan

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN Tanah Pilihan	m ³	1.200	24.650,00	29.580,00
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0,100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0,033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0,033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truck	Jam	0,106	361.620,00	38.331,72
	3. Motor Grader	Jam	0,009	526.090,00	4.734,81
	4. Vibrator Roller	Jam	0,016	433.090,00	6.929,44
	5. Alat Bantu	Ls	1,000	1.500,00	1.500,00
			Total		101.193,36
IV.	Jumlah Harga				101.193,36
V.	Harga Satuan Pekerjaan				101.192,00

Sumber : Perhitungan

d. Pekerjaan Filter

d.1 Asumsi

Dominan dilakukan oleh mekanis alat berat, sebagai kunci pekerjaan filter adalah penghambaran oleh motor grader . Seperti perhitungannya berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pekerja, P} &= 3 \text{ orang} \\ \text{Mandor, m} &= 1 \text{ orang} \\ \text{Jam kerja efektif, (t)} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Kap. Pekerja x t, Q1} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7\text{jam} \\ Q1 &= 210 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Kap. Excavator, Exc} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kap. Dump truk, DT} &= 9,47 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kap. Motor Grader, MG} &= 257,14 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kap. Vibro Roller, V} &= 155,6 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = \mathbf{0,100}$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = \mathbf{0,033}$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = \mathbf{0,033}$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{\text{DT}} = \frac{1}{9,47} = \mathbf{0,106}$$

$$\text{Koef Motor Grader} = \frac{1}{\text{MG}} = \frac{1}{257,14} = \mathbf{0,004}$$

$$\text{Koef Vibro Roller} = \frac{1}{\text{vb}} = \frac{1}{155,6} = \mathbf{0,006}$$

d.2 Metode Pelaksanaan

Dari Quarry filter dimasukkan ke dalam Dump Truk menggunakan excavator, lalu dibawa ke lokasi *embankment* dengan waktu tertentu, setelah sampai di lokasi dihampar oleh motor grader diikuti vibrator roller memadatkan. Pekerja membantu merapikan pinggir filter selama proses pemadatan.

Tabel 5.41 Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian Filter

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN Agregat Setara Klas A	M ³	1.100	245.166,36	269.682,99
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0.033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truck	Jam	0.106	361.620,00	38.331,72
	3. Motor Grader	Jam	0.004	526.090,00	2.104,36
	4. Vibrator Roller	Jam	0.006	433.090,00	2.598,54
	5. Alat Bantu	Ls	1.000	1.500,00	1.500,00
	Total				334.335,00
IV.	Jumlah Harga				334.335,00
V.	Harga Satuan Pekerjaan				334.334,00

Sumber : Perhitungan

5.5.3 Pekerjaan Drainase Tumit (*Toedrain*)

a. Asumsi

Pekerjaan drainase tumit ini kuncinya pada kapasitas produksi dari pekerja untuk menyusun sekaligus menghampar. Berikut perhitungan koefisiennya :

Jumlah pekerja, P = 20 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 36,8 m³/hari

Kap. Excavator, Exc = 30 m³/jam

Kap. Dump truk, DT = 36,8 m³/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P}{Q1 \times t} = \frac{20}{36,8 \times 7} = \mathbf{0,078}$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1}{36,8 \times 7} = \mathbf{0,027}$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = \mathbf{0,033}$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{36,8} = \mathbf{0,027}$$

b. Metode Pelaksanaan

Di *quarry* excavator memuat ke dalam Dump Truk, lalu diantar ke lokasi dengan waktu tempuh tertentu, setelah sampai dihampar dan disusun oleh pekerja.

Tabel 5.42 Perhitungan Analisa Harga Satuan *Toedrain*

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
	1. Batu Gunung	M ³	1.200	216.500,00	259.800,00
	2. Batu Pecah	M ³	0.200	194.350,00	38.870,00
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.078	6.200,00	483,60
	2. Mandor	Jam	0.027	10.700,00	288,90
III.	ALAT				
	1. Excavator	Ls	0.033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truk	Ls	0.033	361.620,00	11.933,46
	3. Alat Bantu	Ls	1.000	1.225,00	1.225,00
	Total				330.520,25
IV.	Jumlah Harga				330.520,25
V.	Harga Satuan Pekerjaan				330.519,00

Sumber : Perhitungan

5.5.4 Pekerjaan Pemasangan PVD

Pekerjaan pemasangan PVD dilakukan setelah pekerjaan filter selesai. Untuk asumsi pekerjaan ini yang menentukan kapasitas produksinya adalah alat pemancang (mandrel) PVD. Alat pemancang ini adalah modifikasi excavator yang dilengkapi mandrel sebagai alat pemancangnya. Berikut perhitungan koefisiennya :

Jumlah pekerja, P = 2 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Excavator, Exc = 1 titik / 2 menit

= 30 titik/jam

1 titik = 10 m³ >>> Exc = 3000 m³/jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 3000 m³/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{2 \times 7}{3000} = 0,005$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{3000} = 0,0025$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{3000} = 0,0025$$

Metode Pelaksanaan

Setelah Filter dihampar dan dipadatkan, langsung diikuti pemasangan PVD yang telah di beri tanda sesuai pola pemasangannya (segitiga). Pekerja membantu memotong PVD dari mandrel bila sudah selesai terpasang.

Tabel 5.43 Perhitungan Analisa Harga Satuan Pemasangan PVD

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN PVD 1 roll	m'	0.010	500.000.00	5.000.00
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.005	6.200.00	31.00
	2. Mandor	Jam	0.003	10.700.00	26.75
III.	ALAT				
	1. Alat Bantu	Ls	1.000	175.00	175.00
	2. Excavator Pemancang PVD	jam	0.003	580.130.00	1.430.33
Total					6.683.08
IV.	Jumlah Harga				6.683.08
V.	Harga Satuan Pekerjaan				6.682.00

Sumber : Perhitungan

5.5.5 Rekapitulasi Anggaran Biaya

Dalam menghitung anggaran biaya telah dihitung lebih dulu volume seperti tabel berikut :

Tabel 5.44 Perhitungan Volume Pekerjaan Bendungan

Uraian	Satuan	lebar	panjang	tinggi	Volume
Pekerjaan Persiapan					
Mobilisasi	Rs				1.00
Land Clearing					
Luas abutmen kiri + kanan + luas dasar bend.	m ²				63877.20
Pekerjaan Tanah					
Galian Pondasi	m ³	72.7	650	2	98108.60
Galian Cut Off	m ³	11.5	650	4	29900.00
Timbunan					
Timbunan Pilihan dg alat	m ³	41.35	650	13.5	551868.63
		6	650	13.5	
abutmen kiri = 1/3 luas alas x t		279.1		77	0.5
abutmen kanan = 1/3 luas alas x t		279.1		75	0.5
Pasir koral Filter	m ³	61	650	0.6	23790.00
Pasangan Batu toe drain	m ³	10	650	2.1	6825.00
Pemasangan PVD	m'				422690.00

Sumber : Perhitungan

Sesuai tabel 5.44 perhitungan volume dari timbunan pilihan dengan alat dibedakan tiga :

- a. Timbunan tubuh bendungan Sta 0+075 s/d Sta 0+725

Sisi lereng / slope + lebar puncak

$$\text{Vol.} = (\text{Lebar rata-rata} \times \text{panjang} \times \text{tinggi}) + (\text{lebar puncak} \times \text{panjang} \times \text{tinggi})$$

$$= 41,35 \text{ m} \times 650 \text{ m} \times 13,5 \text{ m} + 6 \text{ m} \times 650 \text{ m} \times 13,5 \text{ m}$$

$$= 544868.49 \text{ m}^3$$

- b. Timbunan tubuh bendungan bagian abutmen kiri
Timbunan ini dari Sta 0+725 s/d Sta 0+802 yang menyerupai limas dengan alas segi empat.

$$\text{Luas alas} = (1/2) \times 41,35 \text{ m} \times 13,5 \text{ m} = 279,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi} = 77 \text{ m}$$

$$\text{Vol.} = (1/3) \times 279,1 \text{ m}^2 \times 77 \text{ m} \times 0,5 = 3.578,36 \text{ m}^3$$

- c. Timbunan tubuh bendungan bagian abutmen kanan
Begitu juga dengan abutmen sisi kanan dari Sta 0+000 s/d Sta 0+075 menyerupai limas segi empat.

$$\text{Luas alas} = (1/2) \times 41,35 \text{ m} \times 13,5 \text{ m} = 279,1 \text{ m}^2$$

Tinggi = 75 m

Vol. = $(1/3) \times 279,1 \text{ m}^2 \times 75 \text{ m} \times 0,5 = 3.485,42 \text{ m}^3$

Vol. Tot. = $544868.49 \text{ m}^3 + 3.578,36 \text{ m}^3 + 3.485,42 \text{ m}^3$
 = 551868.63 m^3

Tabel 5.45 Rekapitulasi Analisa Harga Satuan

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga satuan Rp.	Jumlah Rp
1	Pekerjaan Persiapan				
	Mobilisasi	Ls	1.00	33.500.000	33.500.000
	Land Clearing	m2	63877.20	5.090	325.134.948
2	Pekerjaan Tanah				
	Galian Pondasi	m3	98108.60	52.716	5.171.892.958
	Galian Cut Off	m3	29900.00	82.521	2.467.377.900
	Timbunan				
	Timbunan Pilihan dg alat	m3	551868.63	101.192	55.844.690.321
	Pasir koral Filter	m3	23790.00	334.334	7.953.805.860
3	Pasangan Batu toe drain	m3	6825.00	330.519	2.255.792.175
4	Pemasangan PVD	m'	422690.00	6.682	2.824.414.580
	Total Biaya Tubuh Bendungan				76.876.608.742

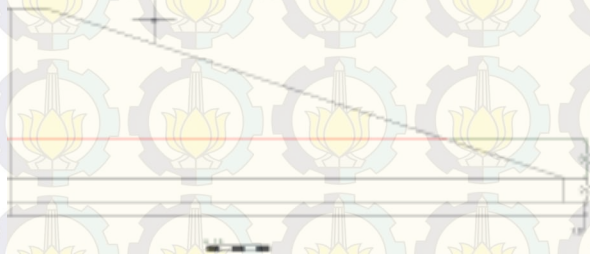
Sumber : Perhitungan

Jadi biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan tubuh bendungan, perbaikan pondasi dengan *cutoff trench* dan pemasangan PVD sebesar Rp 76.876.608.742,-

5.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk perbaikan Pondasi Bendungan

Dibawah *embankment* bendungan Marangkayu adalah jenis tanah lunak, diperlukan perbaikan dengan metode pemancangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Dengan tujuan untuk mempercepat proses konsolidasi sehingga kestabilan yang telah direncanakan tidak berubah karena adanya *settlement*.

Dengan adanya *preloading* bendungan, maka diketahui penurunan timbunan bendungan dengan asumsi tanah terkonsolidasi normal (*Normally Consolidation*). Dimulai beban timbunan setinggi 3 m, 4 m, 5m dan 7m selanjutnya diperoleh grafik hubungan H_{initial} dan H_{final} .



Gambar 5.35 Preloading Setinggi $h = 3$ m

Misal beban setinggi $h = 3$ m, mempunyai $q = 45.87$ kN/m² dan $\Delta p = q$ pada kedalaman 1 m

Maka penurunan terkonsolidasi Normal yaitu :

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{p'_0 + \Delta p}{p'_0}$$

Dimana : S_c : Penurunan terkonsolidasi primer

C_c : Koefisien Consolidation (**tabel 5.1** pengujian Laboratorium tanah)

H : Kedalaman lapisan tanah yang terkonsolidasi tiap 1 m (m)

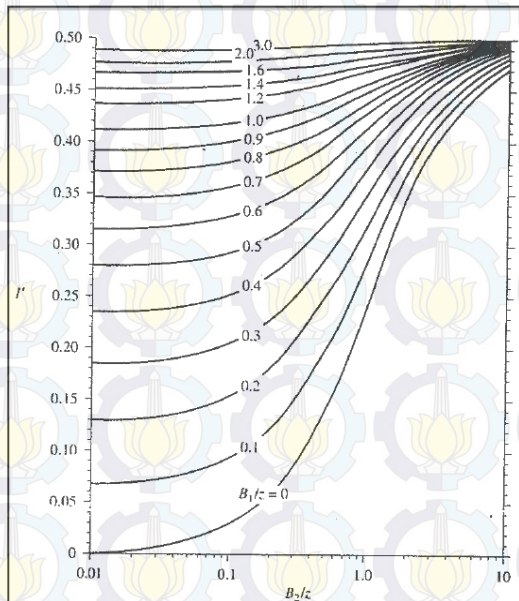
e_o : angka pori awal

p'_o : tegangan efektif sebelum beban bekerja (kN/m^2)

Δp : tambahan tegangan di tengah – tengah lapisan tanah yang ditinjau akibat q (kN/m^2)

$$S_c = \frac{0,357 \times 1m}{1 + 1,04} \log \frac{3,91 + 45,87}{3,91}$$

$$S_c = 0,1934 \text{ m}$$



Gambar 5.36 Grafik Oosterberg Hubungan U dan b/z

Tabel 5.27 Perhitungan Preloading Dengan Beban setinggi 3 meter.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
Hi tmb (m)	1	1	0.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	8/3	6 x 3	Po' dari grafik	Delta P	Cc	eo	Sc1	Sc
(m)	1	1	1.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	11.73	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.193354	0.1934
(m)	1	1	2.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	19.55	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.120947	0.3143
(m)	1	1	3.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	27.37	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.091799	0.4061
(m)	1	1	4.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	35.19	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.063418	0.4809
(m)	1	1	5.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	43.01	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.035166	0.5595
(m)	1	1	6.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	50.83	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.048879	0.6484
(m)	1	1	7.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	58.65	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.043913	0.6923
(m)	1	1	8.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	66.47	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.039884	0.7322
(m)	1	1	9.5	15.29	17.82	7.82	12.3	9.2	35.2	1.227	74.29	0.5	45.8700	0.357	1.04	0.036545	0.7687

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.28 Perhitungan Preloading Dengan Beban Setinggi 4 meter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
No.	Hi timb (m)	Z (m)	Wambun Kv/m ³	Isat Kv/m ³	Y' Kv/m ³	a m	b m	a/z 7/3	b/z 8/3	Po' 6 x 3	I dari grafik	Delta P	Cc	eo	Scl m	Sc m
1	1	0.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	3.91	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.2137	0.214
2	1	1.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	11.73	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.1388	0.353
3	1	2.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	19.95	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.1078	0.460
4	1	3.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	27.37	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0892	0.550
5	1	4.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	35.19	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0766	0.636
6	1	5.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	43.01	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0672	0.693
7	1	6.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	50.83	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.06	0.753
8	1	7.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	58.65	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0543	0.808
9	1	8.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	66.47	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0496	0.857
10	1	9.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	74.29	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0456	0.903

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.29 Perhitungan Preloading Dengan Beban Setinggi 5 meter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
No.	Hi timb (m)	z (m)	Yembunan isak lapiisan Kn/m ³	Kn/m ³	Y ^r K _{sat} -10 Kn/m ³	a m	b m	a ² m ²	b ² m ²	Pa ² kg ²	Pa ² kg ²	Debit air Q	Cu	Cu	40	40	50
1	1	0,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	2,32	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,219752	0,2290	
2	1	1,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	11,78	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,153213	0,2621	
3	1	2,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	18,15	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,112947	0,2640	
4	1	3,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	27,13	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,100826	0,4653	
5	1	4,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	38,19	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,087346	0,6381	
6	1	5,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	48,81	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,077829	0,7787	
7	1	6,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	58,83	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,069763	0,9405	
8	1	7,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	68,45	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,063418	0,9629	
9	1	8,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	78,47	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,058163	0,9621	
10	1	9,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	2,047	88,19	0,428	36,4280	0,257	1,84	0,053777	1,0159	

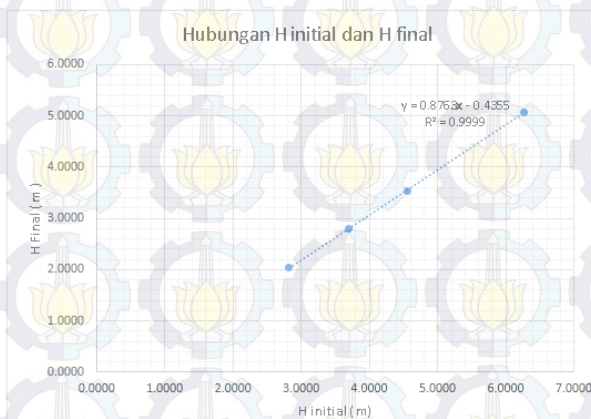
Sumber : Perhitungan

Dari tabel preloading diatas dapat dibuat tabel hubungan antara $H_{initial}$ dan H_{final} berikut grafiknya.

Tabel 5.31 Tabel $H_{initial}$ dan H_{final}

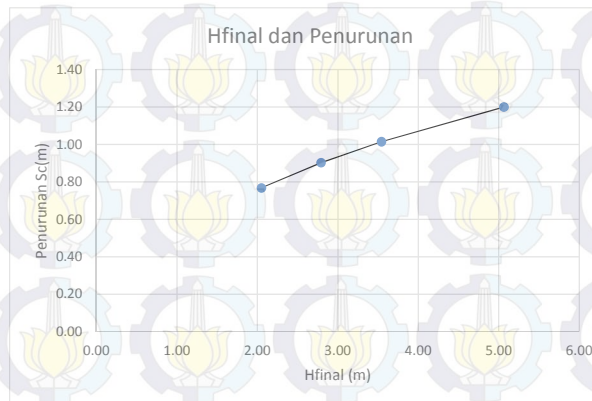
No	Beban q	Penurunan akibat q (m)	$H_{initial}$ (m)	H_{final} (m)
a	b	c	$d = ((b/10) + c) / 1.9$	d - c
1	45.87	0.7687	2.8188	2.0501
2	61.16	0.9029	3.6941	2.7913
3	76.45	1.0159	4.5583	3.5425
4	107.03	1.2000	6.2647	5.0647

Sumber : Perhitungan



Sumber : Perhitungan

Gambar 5.37 Grafik Hubungan $H_{initial}$ dan H_{final}



Sumber : Perhitungan

Gambar 5.38 Grafik Hubungan Penurunan Sc Kumulatif Dan H_{final}

Pada grafik diatas dapat diketahui untuk $H_{final} = 4$ m, maka penurunan kumulatif yang terjadi $Sc = 1,1$ m

Lamanya penurunan lapisan tanah **tanpa PVD** sebesar :
single drainage $h_{dr} = 10$ m, $T_{90\%} = 0.848$
 $C_v = 0,00123$ cm²/sec (Tabel 5.1 Uji Laboratorium Tanah)

$$t = \frac{T_{90\%} \times h^2}{C_v}$$

$$t = \frac{0,848 \times (1000 \text{ cm})^2}{0,00123 \times 3600 \times 24 \times 365}$$

$$t = 21,8 \text{ tahun}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk penurunan 90% adalah 21,8 tahun. Oleh karena itu diperlukan PVD untuk mempercepat konsolidasi. Dari gambar 5.13

grafik hubungan $H_{initial}$ dan H_{final} direncanakan $h_{final} = 4$ m, maka $h_{initial} = 5,1$ m.

Direncanakan menggunakan PVD sehingga waktu konsolidasi dihitung dalam detik selama satu minggu. Tabel berikut menghitung konsolidasi dalam satu minggu.

$$T_v = \frac{C_v}{t \times H_{dr}^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{4 * T_v}{\Pi}}$$

$$F(n) = \ln\left(\frac{D}{dw}\right) - \frac{3}{4}$$

Tabel 5.32 Menghitung Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD

Jarak PVD S (m)	D m	a m	b m	dw m	F(n)
0.5	0.525	0.1	0.004	0.052	1.562155
0.8	0.84	0.1	0.004	0.052	2.032158
1	1.05	0.1	0.004	0.052	2.255302
1.2	1.26	0.1	0.004	0.052	2.437623
1.5	1.575	0.1	0.004	0.052	2.660767
2	2.1	0.1	0.004	0.052	2.948449

Sumber : Perhitungan

Tiap minggu = 604800 detik
 $C_v = 0,00123 \text{ cm}^2/\text{det}$
 Tebal, Hdr = 1000 cm

Tabel 5.33 Menghitung Konsolidasi Tiap Minggu

t (minggu)	T_v	U(%)	U (desimal)
1	0.0007439	3.078	0.031
2	0.0014878	4.352	0.044
3	0.0022317	5.331	0.053
4	0.0029756	6.155	0.062
5	0.0037195	6.882	0.069
6	0.0044634	7.539	0.075
7	0.0052073	8.143	0.081
8	0.0059512	8.705	0.087
9	0.0066951	9.233	0.092
10	0.0074390	9.732	0.097
11	0.0081829	10.207	0.102
12	0.0089268	10.661	0.107
13	0.0096708	11.096	0.111
14	0.0104147	11.515	0.115
15	0.0111586	11.920	0.119
16	0.0119025	12.310	0.123
17	0.0126464	12.689	0.127
18	0.0133903	13.057	0.131
19	0.0141342	13.415	0.134
20	0.0148781	13.763	0.138
21	0.0156220	14.103	0.141
22	0.0163659	14.435	0.144
23	0.0171098	14.760	0.148
24	0.0178537	15.077	0.151
25	0.0185976	15.388	0.154

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34a Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 0,5 \text{ m}$ (a)

SPASI 0.5 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.76	76.69
2	0.0015	0.04	0.94	94.47
3	0.0023	0.05	0.99	98.68
4	0.0031	0.06	1.00	99.69
5	0.0038	0.07	1.00	99.93
6	0.0046	0.08	1.00	99.98
7	0.0054	0.08	1.00	100.00
8	0.0061	0.09	1.00	100.00
9	0.0069	0.09	1.00	100.00
10	0.0077	0.10	1.00	100.00
11	0.0084	0.10	1.00	100.00
12	0.0092	0.11	1.00	100.00
13	0.0100	0.11	1.00	100.00
14	0.0107	0.12	1.00	100.00
15	0.0115	0.12	1.00	100.00
16	0.0123	0.12	1.00	100.00
17	0.0130	0.13	1.00	100.00
18	0.0138	0.13	1.00	100.00
19	0.0146	0.14	1.00	100.00
20	0.0153	0.14	1.00	100.00
21	0.0161	0.14	1.00	100.00
22	0.0169	0.15	1.00	100.00
23	0.0176	0.15	1.00	100.00
24	0.0184	0.15	1.00	100.00
25	0.0192	0.16	1.00	100.00

a

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34b Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga
Untuk Pemasangan PVD Dengan $S = 0,8 \text{ m}$ (b)

SPASI 0.8 m

t (minggu)	T_v	U_v	U_h	U_{gab} (%)
1	0.0008	0.03	0.35	36.84
2	0.0015	0.04	0.57	59.37
3	0.0023	0.05	0.72	73.79
4	0.0031	0.06	0.82	83.06
5	0.0038	0.07	0.88	89.04
6	0.0046	0.08	0.92	92.91
7	0.0054	0.08	0.95	95.41
8	0.0061	0.09	0.97	97.02
9	0.0069	0.09	0.98	98.07
10	0.0077	0.10	0.99	98.75
11	0.0084	0.10	0.99	99.19
12	0.0092	0.11	0.99	99.47
13	0.0100	0.11	1.00	99.66
14	0.0107	0.12	1.00	99.78
15	0.0115	0.12	1.00	99.86
16	0.0123	0.12	1.00	99.91
17	0.0130	0.13	1.00	99.94
18	0.0138	0.13	1.00	99.96
19	0.0146	0.14	1.00	99.97
20	0.0153	0.14	1.00	99.98
21	0.0161	0.14	1.00	99.99
22	0.0169	0.15	1.00	99.99
23	0.0176	0.15	1.00	100.00
24	0.0184	0.15	1.00	100.00
25	0.0192	0.16	1.00	100.00

b

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.3c Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga
Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 1,0 \text{ m(c)}$

SPASI 1m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.22	24.30
2	0.0015	0.04	0.39	41.64
3	0.0023	0.05	0.52	54.87
4	0.0031	0.06	0.63	65.05
5	0.0038	0.07	0.71	72.91
6	0.0046	0.08	0.77	78.98
7	0.0054	0.08	0.82	83.69
8	0.0061	0.09	0.86	87.33
9	0.0069	0.09	0.89	90.16
10	0.0077	0.10	0.92	92.35
11	0.0084	0.10	0.93	94.06
12	0.0092	0.11	0.95	95.38
13	0.0100	0.11	0.96	96.41
14	0.0107	0.12	0.97	97.21
15	0.0115	0.12	0.98	97.83
16	0.0123	0.12	0.98	98.31
17	0.0130	0.13	0.98	98.69
18	0.0138	0.13	0.99	98.98
19	0.0146	0.14	0.99	99.20
20	0.0153	0.14	0.99	99.38
21	0.0161	0.14	0.99	99.52
22	0.0169	0.15	1.00	99.62
23	0.0176	0.15	1.00	99.71
24	0.0184	0.15	1.00	99.77
25	0.0192	0.16	1.00	99.82

c

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34d Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 1,2 \text{ m}$ (d)

SPASI 1,2 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.15	17.32
2	0.0015	0.04	0.27	30.39
3	0.0023	0.05	0.38	41.21
4	0.0031	0.06	0.47	50.27
5	0.0038	0.07	0.55	57.89
6	0.0046	0.08	0.61	64.32
7	0.0054	0.08	0.67	69.75
8	0.0061	0.09	0.72	74.35
9	0.0069	0.09	0.76	78.24
10	0.0077	0.10	0.80	81.53
11	0.0084	0.10	0.83	84.32
12	0.0092	0.11	0.85	86.69
13	0.0100	0.11	0.87	88.70
14	0.0107	0.12	0.89	90.40
15	0.0115	0.12	0.91	91.84
16	0.0123	0.12	0.92	93.07
17	0.0130	0.13	0.93	94.11
18	0.0138	0.13	0.94	95.00
19	0.0146	0.14	0.95	95.75
20	0.0153	0.14	0.96	96.39
21	0.0161	0.14	0.96	96.93
22	0.0169	0.15	0.97	97.39
23	0.0176	0.15	0.97	97.78
24	0.0184	0.15	0.98	98.11
25	0.0192	0.16	0.98	98.40

d

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34e Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga
Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 1,5 \text{ m}(e)$

SPASI 1.5 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.09	11.72
2	0.0015	0.04	0.17	20.63
3	0.0023	0.05	0.24	28.43
4	0.0031	0.06	0.31	35.36
5	0.0038	0.07	0.37	41.56
6	0.0046	0.08	0.43	47.12
7	0.0054	0.08	0.48	52.14
8	0.0061	0.09	0.52	56.66
9	0.0069	0.09	0.57	60.73
10	0.0077	0.10	0.61	64.42
11	0.0084	0.10	0.64	67.75
12	0.0092	0.11	0.67	70.76
13	0.0100	0.11	0.70	73.49
14	0.0107	0.12	0.73	75.96
15	0.0115	0.12	0.75	78.19
16	0.0123	0.12	0.77	80.22
17	0.0130	0.13	0.79	82.05
18	0.0138	0.13	0.81	83.72
19	0.0146	0.14	0.83	85.22
20	0.0153	0.14	0.84	86.59
21	0.0161	0.14	0.86	87.83
22	0.0169	0.15	0.87	88.95
23	0.0176	0.15	0.88	89.97
24	0.0184	0.15	0.89	90.90
25	0.0192	0.16	0.90	91.74

e

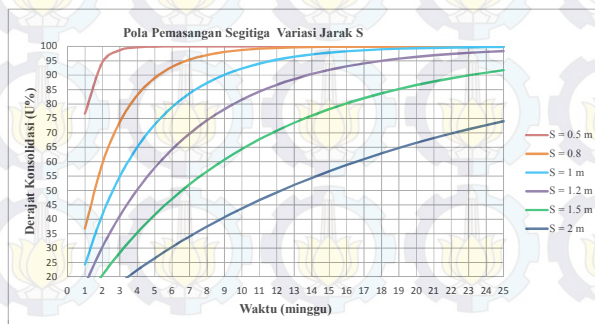
Sumber : Perhitungan

Tabel 5.34f Menghitung Konsolidasi Pola Segitiga Untuk Pemasangan PVD Dengan Jarak $S = 2,0$ m (f)

SPASI 2m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Ugab (%)
1	0.0008	0.03	0.05	7.59
2	0.0015	0.04	0.09	13.02
3	0.0023	0.05	0.13	17.89
4	0.0031	0.06	0.17	22.37
5	0.0038	0.07	0.21	26.53
6	0.0046	0.08	0.25	30.42
7	0.0054	0.08	0.28	34.07
8	0.0061	0.09	0.31	37.50
9	0.0069	0.09	0.35	40.73
10	0.0077	0.10	0.38	43.77
11	0.0084	0.10	0.40	46.65
12	0.0092	0.11	0.43	49.37
13	0.0100	0.11	0.46	51.94
14	0.0107	0.12	0.48	54.38
15	0.0115	0.12	0.51	56.68
16	0.0123	0.12	0.53	58.86
17	0.0130	0.13	0.55	60.93
18	0.0138	0.13	0.57	62.89
19	0.0146	0.14	0.59	64.75
20	0.0153	0.14	0.61	66.51
21	0.0161	0.14	0.63	68.18
22	0.0169	0.15	0.65	69.77
23	0.0176	0.15	0.66	71.27
24	0.0184	0.15	0.68	72.70
25	0.0192	0.16	0.69	74.06

f Sumber : Perhitungan



Gambar 5.39 Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi (U) Dan Waktu (minggu) Dengan Variasi Jarak 's' Dari **Tabel 5.34a,b,c,d,e,f**

Pada grafik diatas dipilih pemasangan PVD dengan jarak $s = 1$ m karena lebih ekonomis sehingga, $D = 1,05$ $s = 1,05 * 1 = 1,05$ m

Penurunan yang terjadi karena konsolidasi $S_c = 1,1$ m dari $H_{initial} = 5,1$ m, sehingga dapat dihitung nilai Δe dengan rumus (*Modul Teknik Reklamasi*)

$$\Delta e = \frac{\Delta H}{H} \times (1 + e)$$

Keterangan : Δe = perubahan angka pori (%)
 ΔH = S_c , penurunan setelah terjadi konsolidasi
 H = tinggi lapisan kompresibel tanah
 e = angka pori sebelum konsolidasi

$$\Delta e = \frac{1,1m}{10} \times (1 + 0,49)$$

$$\Delta e = 0,1639$$

$$e_p = e_0 - \Delta e$$

$$e_p = 0,49 - 0,1639 = 0,3261 \approx 32,61\%$$

Setelah terjadi konsolidasi, angka pori lebih mampat menjadi $e_p = 32,61\%$.

Menghitung peningkatan kohesi pada tanah lunak akibat timbunan diatasnya, bila diketahui :

Tebal lapisan tanah, $h = 10$ m

$\gamma_{timbunan} = 1,529$ t/m³ (tabel 5.1 uji lab mekanika tanah)

PI = 83,02% (tabel 5.1 uji lab mekanika tanah)

I = 0,5 (gambar 5.34 grafik oesterberg)

$\gamma'_{tanah} = 0,782$ t/m³

$$P_o' = \gamma'_{\text{tanah}} \times \frac{1}{2} h$$

$$= 0,782 \text{ t/m}^3 \times \frac{1}{2} \times 10 \text{ m} = 3,912 \text{ t/m}^2$$

Pada kedalaman 1 m, maka $\Delta P_1 = 2 \times I \times \frac{1}{2} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{timb}}$

$$\Delta P_1 = 2 \times 0,5 \times 0,5 \text{ m} \times 1,529 = 0,765 \text{ t/m}^2$$

$$P_i' = P_o' + \Delta P_1 = 3,912 \text{ t/m}^2 + 0,765 \text{ t/m}^2 = 4,676 \text{ t/m}^2$$

Maka ΔP_1 saat $U_1\% = 0,243$ (tabel 5.31 c)

$$\Delta P_{1U} = \left[\left(\frac{P'_1}{P'_0} \right)^U \cdot P'_0 \right] - P'_0$$

$$\Delta P_{1U} = \left[\left(\frac{4,676}{3,912} \right)^{0,243} \cdot 3,912 \right] - 3,912 = 0,1735 \text{ t/m}^2$$

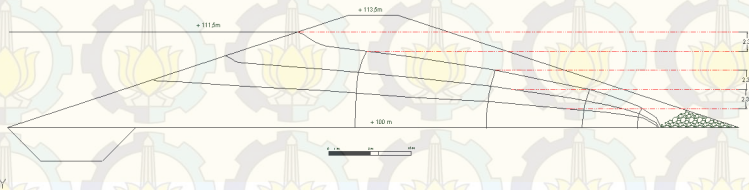
$$P'_H = 3,912 \text{ t/m}^2 + 0,1735 \text{ t/m}^2 = 4,085 \text{ t/m}^2 = 0,4085 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_u = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 83,02\%) \times 0,4085 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,0970 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 9,70 \text{ kN/m}^2$$

5.4 Menghitung keamanan bendungan terhadap rembesan



Gambar 5.40 Gambar Trayektori Pada Tubuh Bendungan

Karena ada genangan, sehingga terjadi aliran tetap pada tubuh bendungan yang sifat alirannya laminier. Garis freatik didesain dari perhitungan saat muka air setinggi H_{max} , $\frac{3}{4} H_{\text{max}}$ dan $\frac{1}{2} H_{\text{max}}$.

$$\text{Jarak vertikal} = \frac{H \text{ max}}{5} = \frac{11,5m}{5} = 2,3m$$

Menghitung debit rembesan q bila diketahui data sebagai berikut :

$$H_{\text{max}} = 11,5 \text{ m}$$

$$k_{20} = 1,42 \times 10^{-7} \text{ m/det} = 1,27 \times 10^{-2} \text{ m/hari}$$

$$N_f = 3$$

$$N_p = 5$$

$$q = \frac{N_f}{N_p} \times k_{20} \times h \times L$$

$$q = \frac{3}{5} \times 1,27 \times 10^{-2} \times 11,5m \times 78,5m = 6,65 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Karena aliran rembesan dalam tubuh bendungan saat fullbank dianggap aliran tetap, maka kecepatannya dapat dirumuskan (*Sosrodarsono, 2002*) :

$$H \text{ rata - rata} = 2,33 \text{ m}$$

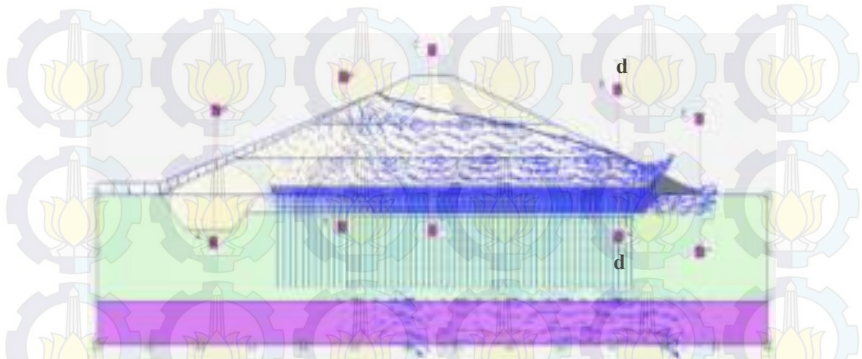
$$L \text{ rata - rata} = 78,7 / 5 = 15,74 \text{ m}$$

$$v = k \times i = k \times \frac{h_2}{l}$$

$$v = 1,27 \times 10^{-2} \times \frac{2,3}{15,74} = 1,86 \times 10^{-3} \text{ m/hari}$$

$$v = 1,9 \times 10^{-3} \text{ m/hari}$$

Jadi kecepatan aliran rembesan = $1,9 \times 10^{-3}$ m/hari. Aliran rembesan dalam tubuh bendungan ini juga dimodelkan pada program Plaxis seperti pada gambar 5.41



Sumber : Perhitungan Plaxis

Gambar 5.41 Aliran Rembesan Pada Tubuh Bendungan

Ditinjau pada potongan D – D, besarnya kecepatan aliran rembesan pada tubuh bendungan dihitung dengan bantuan program Plaxis 8.2, pada elevasi +0,73 kecepatan alirannya sebesar 2×10^{-3} m/hari, seperti ditunjukkan pada tabel 5.35

Tabel 5.35 Tabel Kecepatan Aliran Rembesan (kolom 3)

X [m]	Y [m]	q [m/day]
7.63	1.000	0.002
7.63	1.000	0.002
7.63	0.727	0.002
7.63	0.727	0.002
7.63	0.000	0.003
7.63	0.000	0.003

Sumber : Perhitungan Plaxis

Kecepatan aliran pada hitungan manual dan program Plaxis ada beda tipis sebesar $2,0 \times 10^{-3}$ m/hari – $1,9 \times 10^{-3}$ m/hari samadengan $0,1 \times 10^{-3}$ m/hari.

5.5 Analisa Anggaran Biaya Bendungan Marangkayu

Untuk menghitung analisa biaya pembangunan tubuh bendungan Marangkayu Kabupaten Kutai Kertanegara, dipakai HSPK tahun 2005 dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Kalimantan Timur (lampiran).

Pekerjaan tubuh bendungan meliputi :

- a. Pekerjaan Persiapan
Pekerjaan ini dibagi dua yaitu Mobilisasi dan Pekerjaan *Land Clearing*.
- b. Pekerjaan Tanah Tubuh Bendungan
Pekerjaan tanah merupakan yang terbesar volumenya, sehingga diperlukan alat berat untuk menyelesaikannya. Dalam pekerjaan tanah digabungkan pekerjaan filter bendungan, karena filter termasuk didalam tubuh bendungan. Pekerjaan tanah pada tubuh bendungan ini dibagi :
 - Galian Pondasi
 - Galian Cutoff Trench
 - Timbunan tanah pilihan dengan alat
 - Pekerjaan filter koral dan pasir
- c. Pasangan batu untuk drainase tumit (*Toedrain*)
- d. Pemasangan PVD
Konsolidasi dapat lebih cepat dengan pemasangan PVD pada tubuh bendungan terutama daerah kritis yaitu STA 0+150 s/d STA 0+750

5.5.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan ini terdiri dari :

- a. Mobilisasi
- b. Pekerjaan *Land Clearing*

A. Mobilisasi

- a.1 Asumsi

Buldozer 100 Hp : 1 unit

Excavator 100 Hp : 2 unit
 Vibrator Roller 10 T : 1 unit
 Dump truk : 5 unit
 Base Camp : 1 unit

a.2 Metode Pelaksanaan
 Mobilisasi dan Demobilisasi Alat sampai ke lokasi pekerjaan.

Tabel 5.36 Perhitungan Analisa Harga Satuan Mobilisasi

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
III.	ALAT				
	1. Buldozer	unit	2,00	1.000.000,00	2.000.000,00
	2. Excavator	unit	3,00	1.000.000,00	3.000.000,00
	3. Vibrator Roller	unit	1,00	1.000.000,00	1.000.000,00
	4. Dump Truk 10 Ton	unit	5,00	1.500.000,00	7.500.000,00
	5. Base Camp	unit	1,000	20.000.000,00	20.000.000,00
			Total		33.500.000,00
IV.	Jumlah Harga				33.500.000,00
V.	Harga Satuan Pekerjaan				33.500.000,00

Sumber : Perhitungan

B. Pekerjaan Land Clearing

b.1 Asumsi

Pekerjaan land clearing kuncinya pada pekerja yang melakukan tebas tebang.

Jumlah pekerja, P = 10 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Kap. Pekerja} \times t, Q1 &= 30 \text{ m}^2/\text{jam} \times 7\text{jam} \\ &= 210 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Ksp. Buldozer, Bd} = 249 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{10 \times 7}{210} = 0,333$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef Buldozer} = \frac{1}{Bd} = \frac{1}{249} = 0,004$$

b.2 Metode Pelaksanaan
Setelah tumbuhan ditebas tebang maka dibersihkan oleh Buldozer

Tabel 5.37 Perhitungan Analisa Harga Satuan *Land Clearing*

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.333	6.200,00	2.064,60
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	356,31
III.	ALAT				
	1. Alat Bantu	Ls	1.000	150,00	150,00
	2. Buldozer	jam	0.004	639.900,00	2.519,60
			Total		5.090,51
IV.	Jumlah Harga				5.090,51
V.	Harga Satuan Pekerjaan				5.090,00

Sumber : Perhitungan

5.5.2 Pekerjaan tanah timbunan tubuh bendungan

Pekerjaan tanah pada tubuh bendungan terdiri dari :

a. Galian Pondasi

a.1 Asumsi :

Pekerjaan ini yang menentukan adalah alat berat Excavator. Sehingga dapat di hitung sebagai berikut:

Jumlah pekerja, P = 3 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 30 m3/jam x 7jam

Q1 = 210 m3/hari

Kap. Excavator, Exc = 30 m3/jam

Kap. Dump truk, DT = 11,71 m3/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = 0,100$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = 0,033$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{11,71} = 0,085$$

a.2 Metode Pelaksanaan

Tanah yang digali dengan Excavator dibuang kesamping dan atau diterima oleh Dump Truk untuk dibuang keluar lokasi.

Tabel 5.38 Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian Pondasi

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0.033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truk	Jam	0.086	361.620,00	31.099,32
	3. Alat Bantu	LS	1.000	1.500,00	1.500,00
			Total		52.716,71
IV.	Jumlah Harga				52.716,71
V.	Harga Satuan Pekerjaan				52.716,00

Sumber : Perhitungan

b. Galian *cutoff trench*

b.1 Asumsi

Pekerjaan galian *cutoff trench* yang menentukan adalah Dump Truk, maka koefisien alat berat Excavator samadengan koefisien Dump Truk. Sehingga dapat di hitung sebagai berikut:

Jumlah pekerja, P = 3 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 30 m³/jam x 7jam

Q1 = 210 m³/hari

Kap. Excavator, Exc = 30 m³/jam

Kap. Dump truk, DT = 11,71 m³/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = 0,100$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef.excavator} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{11,71} = 0,085$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{11,71} = 0,085$$

b.2 Metode Pelaksanaan

Tanah yang digali dengan Excavator dibuang langsung diterima oleh Dump Truk untuk dibuang keluar lokasi.

Tabel 5.39 Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian *Cutoff Trench*

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0.085	580.130,00	49.311,05
	2. Dump Truk	Jam	0.085	361.620,00	30.737,70
	3. Alat Bantu	Ls	1.000	1.500,00	1.500,00
			Total		82.521,85
IV.	Jumlah Harga				82.521,85
V.	Harga Satuan Pekerjaan				82.521,00

Sumber : Perhitungan

c. Timbunan tanah pilihan dengan alat

c1. Asumsi

Timbunan tanah pilihan untuk tubuh bendungan dengan alat berat sebagai kunci adalah kapasitas produksi Excavator di Borrow Area. Dapat dihitung seperti berikut :

Jumlah pekerja, P = 3 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 30 m³/jam x 7jam

$$\begin{aligned}
 Q1 &= 210 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Kap. Excavator, Exc} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kap. Dump truk, DT} &= 9,47 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kap. Motor Grader, MG} &= 113,8 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kap. Vibrator Rolle, Vb} &= 62,25 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = 0,100$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = 0,033$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = 0,033$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{\text{DT}} = \frac{1}{9,47} = 0,106$$

$$\text{Koef Motor Grader} = \frac{1}{\text{MG}} = \frac{1}{113,8} = 0,009$$

$$\text{Koef Vibro Roller} = \frac{1}{\text{vb}} = \frac{1}{62,25} = 0,016$$

c.2 Metode Pelaksanaan

Excavator menggali tanah di Borrow Area sebagian ada di stok sekeliling excavator dan sebagian yang lain dimasukkan dump truk. Lalu di bawa ke lokasi *embankment* untuk di hampar oleh motor grader dengan ketebalan tertentu, setelah itu dipadatkan oleh vibrator roller (vibro) dengan jumlah passing sesuai trial sebelumnya.

Tabel 5.40 Perhitungan Analisa Harga timbunan tanah pilihan

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN Tanah Pilihan	m ³	1.200	24.650,00	29.580,00
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0,100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0,033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0,033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truck	Jam	0,106	361.620,00	38.331,72
	3. Motor Grader	Jam	0,009	526.090,00	4.734,81
	4. Vibrator Roller	Jam	0,016	433.090,00	6.929,44
	5. Alat Bantu	Ls	1,000	1.500,00	1.500,00
			Total		101.193,36
IV.	Jumlah Harga				101.193,36
V.	Harga Satuan Pekerjaan				101.192,00

Sumber : Perhitungan

d. Pekerjaan Filter

d.1 Asumsi

Dominan dilakukan oleh mekanis alat berat, sebagai kunci pekerjaan filter adalah penghambaran oleh motor grader . Seperti perhitungannya berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pekerja, P} &= 3 \text{ orang} \\ \text{Mandor, m} &= 1 \text{ orang} \\ \text{Jam kerja efektif, (t)} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Kap. Pekerja x t, Q1} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7\text{jam} \\ &= 210 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Kap. Excavator, Exc} &= 30 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kap. Dump truk, DT} &= 9,47 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kap. Motor Grader, MG} &= 257,14 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kap. Vibro Roller, V} &= 155,6 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{3 \times 7}{210} = \mathbf{0,100}$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{210} = \mathbf{0,033}$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{30} = \mathbf{0,033}$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{\text{DT}} = \frac{1}{9,47} = \mathbf{0,106}$$

$$\text{Koef Motor Grader} = \frac{1}{\text{MG}} = \frac{1}{257,14} = \mathbf{0,004}$$

$$\text{Koef Vibro Roller} = \frac{1}{\text{vb}} = \frac{1}{155,6} = \mathbf{0,006}$$

d.2 Metode Pelaksanaan

Dari Quarry filter dimasukkan ke dalam Dump Truk menggunakan excavator, lalu dibawa ke lokasi *embankment* dengan waktu tertentu, setelah sampai di lokasi dihampar oleh motor grader diikuti vibrator roller memadatkan. Pekerja membantu merapikan pinggir filter selama proses pemadatan.

Tabel 5.41 Perhitungan Analisa Harga Satuan Galian Filter

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN Agregat Setara Klas A	M ³	1.100	245.166,36	269.682,99
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.100	6.200,00	620,00
	2. Mandor	Jam	0.033	10.700,00	353,10
III.	ALAT				
	1. Excavator	Jam	0.033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truck	Jam	0.106	361.620,00	38.331,72
	3. Motor Grader	Jam	0.004	526.090,00	2.104,36
	4. Vibrator Roller	Jam	0.006	433.090,00	2.598,54
	5. Alat Bantu	Ls	1.000	1.500,00	1.500,00
	Total				334.335,00
IV.	Jumlah Harga				334.335,00
V.	Harga Satuan Pekerjaan				334.334,00

Sumber : Perhitungan

5.5.3 Pekerjaan Drainase Tumit (*Toedrain*)

a. Asumsi

Pekerjaan drainase tumit ini kuncinya pada kapasitas produksi dari pekerja untuk menyusun sekaligus menghampar. Berikut perhitungan koefisiennya :

Jumlah pekerja, P = 20 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 36,8 m³/hari

Kap. Excavator, Exc = 30 m³/jam

Kap. Dump truk, DT = 36,8 m³/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P}{Q1 \times t} = \frac{20}{36,8 \times 7} = \mathbf{0,078}$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1}{36,8 \times 7} = \mathbf{0,027}$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{exc} = \frac{1}{30} = \mathbf{0,033}$$

$$\text{Koef Dump Truk} = \frac{1}{DT} = \frac{1}{36,8} = \mathbf{0,027}$$

b. Metode Pelaksanaan

Di *quarry* excavator memuat ke dalam Dump Truk, lalu diantar ke lokasi dengan waktu tempuh tertentu, setelah sampai dihampar dan disusun oleh pekerja.

Tabel 5.42 Perhitungan Analisa Harga Satuan *Toedrain*

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN				
	1. Batu Gunung	M ³	1.200	216.500,00	259.800,00
	2. Batu Pecah	M ³	0.200	194.350,00	38.870,00
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.078	6.200,00	483,60
	2. Mandor	Jam	0.027	10.700,00	288,90
III.	ALAT				
	1. Excavator	Ls	0.033	580.130,00	19.144,29
	2. Dump Truk	Ls	0.033	361.620,00	11.933,46
	3. Alat Bantu	Ls	1.000	1.225,00	1.225,00
	Total				330.520,25
IV.	Jumlah Harga				330.520,25
V.	Harga Satuan Pekerjaan				330.519,00

Sumber : Perhitungan

5.5.4 Pekerjaan Pemasangan PVD

Pekerjaan pemasangan PVD dilakukan setelah pekerjaan filter selesai. Untuk asumsi pekerjaan ini yang menentukan kapasitas produksinya adalah alat pemancang (mandrel) PVD. Alat pemancang ini adalah modifikasi excavator yang dilengkapi mandrel sebagai alat pancangnya. Berikut perhitungan koefisiennya :

Jumlah pekerja, P = 2 orang

Mandor, m = 1 orang

Jam kerja efektif, (t) = 7 jam

Kap. Excavator, Exc = 1 titik / 2 menit

= 30 titik/jam

1 titik = 10 m³ >>> Exc = 3000 m³/jam

Kap. Pekerja x t, Q1 = 3000 m³/jam

$$\text{Koef. Pekerja} = \frac{P \times t}{Q1} = \frac{2 \times 7}{3000} = 0,005$$

$$\text{Koef. Mandor} = \frac{m \times t}{Q1} = \frac{1 \times 7}{3000} = 0,0025$$

$$\text{Koef excavator} = \frac{1}{\text{exc}} = \frac{1}{3000} = \mathbf{0,0025}$$

Metode Pelaksanaan

Setelah Filter dihampar dan dipadatkan, langsung diikuti pemasangan PVD yang telah di beri tanda sesuai pola pemasangannya (segitiga). Pekerja membantu memotong PVD dari mandrel bila sudah selesai terpasang.

Tabel 5.43 Perhitungan Analisa Harga Satuan Pemasangan PVD

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I.	BAHAN PVD 1 roll	m'	0.010	500.000.00	5.000.00
II.	TENAGA				
	1. Pekerja	Jam	0.005	6.200.00	31.00
	2. Mandor	Jam	0.003	10.700.00	26.75
III.	ALAT				
	1. Alat Bantu	Ls	1.000	175.00	175.00
	2. Excavator Pemancang PVD	jam	0.003	580.130.00	1.430.33
Total					6.683.08
IV.	Jumlah Harga				6.683.08
V.	Harga Satuan Pekerjaan				6.682.00

Sumber : Perhitungan

5.5.5 Rekapitulasi Anggaran Biaya

Dalam menghitung anggaran biaya telah dihitung lebih dulu volume seperti tabel berikut :

Tabel 5.44 Perhitungan Volume Pekerjaan Bendungan

Uraian	Satuan	lebar	panjang	tinggi	Volume	
Pekerjaan Persiapan						
Mobilisasi	Rs				1.00	
Land Clearing						
Luas abutmen kiri + kanan + luas dasar bend.	m ²				63877.20	
Pekerjaan Tanah						
Galian Pondasi	m ³	72.7	650	2	98108.60	
Galian Cut Off	m ³	11.5	650	4	29900.00	
Timbunan						
Timbunan Pilihan dg alat	m ³	41.35	650	13.5	2	551868.63
		6	650	13.5		
abutmen kiri = 1/3 luas alas x t		279.1		77	0.5	
abutmen kanan = 1/3 luas alas x t		279.1		75	0.5	
Pasir koral Filter	m ³	61	650	0.6	23790.00	
Pasangan Batu toe drain	m ³	10	650	2.1	6825.00	
Pemasangan PVD	m'				422690.00	

Sumber : Perhitungan

Sesuai tabel 5.44 perhitungan volume dari timbunan pilihan dengan alat dibedakan tiga :

- a. Timbunan tubuh bendungan Sta 0+075 s/d Sta 0+725

Sisi lereng / slope + lebar puncak

$$\text{Vol.} = (\text{Lebar rata-rata} \times \text{panjang} \times \text{tinggi}) + (\text{lebar puncak} \times \text{panjang} \times \text{tinggi})$$

$$= 41,35 \text{ m} \times 650 \text{ m} \times 13,5 \text{ m} + 6 \text{ m} \times 650 \text{ m} \times 13,5 \text{ m}$$

$$= 544868.49 \text{ m}^3$$

- b. Timbunan tubuh bendungan bagian abutmen kiri
Timbunan ini dari Sta 0+725 s/d Sta 0+802 yang menyerupai limas dengan alas segi empat.

$$\text{Luas alas} = (1/2) \times 41,35 \text{ m} \times 13,5 \text{ m} = 279,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi} = 77 \text{ m}$$

$$\text{Vol.} = (1/3) \times 279,1 \text{ m}^2 \times 77 \text{ m} \times 0,5 = 3.578,36 \text{ m}^3$$

- c. Timbunan tubuh bendungan bagian abutmen kanan
Begitu juga dengan abutmen sisi kanan dari Sta 0+000 s/d Sta 0+075 menyerupai limas segi empat.

$$\text{Luas alas} = (1/2) \times 41,35 \text{ m} \times 13,5 \text{ m} = 279,1 \text{ m}^2$$

Tinggi = 75 m

$$\text{Vol.} = (1/3) \times 279,1 \text{ m}^2 \times 75 \text{ m} \times 0,5 = 3.485,42 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Tot.} &= 544868.49 \text{ m}^3 + 3.578,36 \text{ m}^3 + 3.485,42 \text{ m}^3 \\ &= 551868.63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 5.45 Rekapitulasi Analisa Harga Satuan

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga satuan Rp.	Jumlah Rp
1	Pekerjaan Persiapan				
	Mobilisasi	Ls	1.00	33.500.000	33.500.000
	Land Clearing	m2	63877.20	5.090	325.134.948
2	Pekerjaan Tanah				
	Galian Pondasi	m3	98108.60	52.716	5.171.892.958
	Galian Cut Off	m3	29900.00	82.521	2.467.377.900
	Timbunan				
	Timbunan Pilihan dg alat	m3	551868.63	101.192	55.844.690.321
	Pasir koral Filter	m3	23790.00	334.334	7.953.805.860
3	Pasangan Batu toe drain	m3	6825.00	330.519	2.255.792.175
4	Pemasangan PVD	m'	422690.00	6.682	2.824.414.580
	Total Biaya Tubuh Bendungan				76.876.608.742

Sumber : Perhitungan

Jadi biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan tubuh bendungan, perbaikan pondasi dengan *cutoff trench* dan pemasangan PVD sebesar Rp 76.876.608.742,-

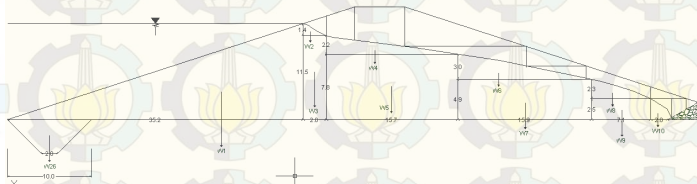
BAB V

KESTABILAN LERENG TUBUH BENDUNGAN

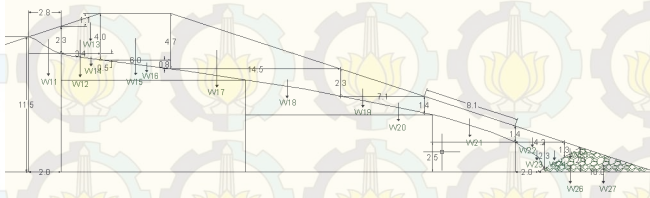
5.1 Menghitung muatan gaya yang bekerja pada bendungan
Muatan gaya yang bekerja pada bendungan yaitu (Soedibyo,2003) :

- Berat bendungan sendiri
- Tekanan air pori
- Tekanan Hidrostatik
- Gaya akibat gempa bumi

5.1.1 Berat pada tubuh bendungan sendiri



Gambar 5.1 Gaya Berat Bendungan Dibawah Garis Preatik



Gambar 5.2 Gaya berat Bendungan Diatas Garis Preatik

$$W = \gamma \cdot A \cdot h$$

Dimana : W = berat sendiri timbunan bendungan. (ton)

γ = berat volume basah tanah timbunan dari data Uji Laboratorium Tanah sebesar $1,812 \text{ t/m}^3$

A = Luas alas pondasi (m^2)

h = Tinggi timbunan (m)

Tabel 5.1 Tabel Perhitungan Gaya Berat Bendungan Saat Kosong

NO	Segmen	Yt	l	t	Berat W kN
		kN/m3	m	m	
1	W 1	18.12	35.2	11.5	3667.5
2	W 2	18.12	2	1.4	25.4
3	W 3	18.12	2	9.3	337.0
4	W 4	18.12	15.7	2.2	312.9
5	W 5	18.12	15.7	7.8	2219.0
6	W 6	18.12	15.9	3	432.2
7	W 7	18.12	15.9	4.9	1411.7
8	W 8	18.12	7.1	2.3	147.9
9	W 9	18.12	7.1	2.5	321.6
10	W 10	18.12	2	2.5	45.3
11	W 11	18.12	2.3	2.8	58.3
12	W 12	18.12	3.4	2.9	178.7
13	W 13	18.12	3.4	1.1	33.9
14	W 14	18.12	3.4	0.5	15.4
15	W 15	18.12	6	4.7	511.0
16	W 16	18.12	6	0.8	43.5
17	W 17	18.12	14.5	4.7	617.4
18	W 18	18.12	14.5	2.3	302.2
19	W 19	18.12	7.1	2.3	147.9
20	W 20	18.12	7.1	1.4	90.1
21	W 21	18.12	8.1	1.4	205.5
22	W 22	18.12	4.2	1.4	53.3
23	W 23	18.12	2	2.3	41.7
24	W 24	18.12	1.5	1.8	48.9
25	W 25	18.12	1.3	1.3	15.3
26	W 26	18.12			
27	W 27	18.12			
28	W 28	10.93	6	4	262.3
W per m'					11545.92

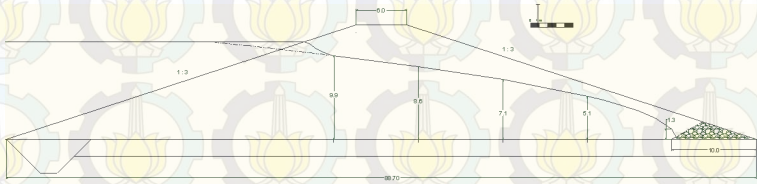
Tabel 5.2 Tabel Perhitungan Gaya Berat Bendungan Saat *Fullbank*

NO	Segmen	γt	l	t	Berat W kN
		kN/m ³	m	m	
1	W 1	18.12	35.2	11.5	3667.5
2	W 2	18.12	2	1.4	25.4
3	W 3	18.12	2	9.3	337.0
4	W 4	18.12	15.7	2.2	312.9
5	W 5	18.12	15.7	7.8	2219.0
6	W 6	18.12	15.9	3	432.2
7	W 7	18.12	15.9	4.9	1411.7
8	W 8	18.12	7.1	2.3	147.9
9	W 9	18.12	7.1	2.5	321.6
10	W 10	18.12	2	2.5	45.3
11	W 11	10.93	2.3	2.8	35.2
12	W 12	10.93	3.4	2.9	107.8
13	W 13	10.93	3.4	1.1	20.4
14	W 14	10.93	3.4	0.5	9.3
15	W 15	10.93	6	4.7	308.2
16	W 16	10.93	6	0.8	26.2
17	W 17	10.93	14.5	4.7	372.4
18	W 18	10.93	14.5	2.3	182.3
19	W 19	10.93	7.1	2.3	89.2
20	W 20	10.93	7.1	1.4	54.3
21	W 21	10.93	8.1	1.4	123.9
22	W 22	10.93	4.2	1.4	32.1
23	W 23	10.93	2	2.3	25.1
24	W 24	10.93	1.5	1.8	29.5
25	W 25	10.93	1.3	1.3	9.2
26	W 26	0			
27	W 27	0			
28	W 28	10.93	6	4	262.3
W per m'					10608.27

Dari Tabel perhitungan diatas gaya berat saat kondisi bendungan selesai dibangun atau kosong $W_1 = 11545,9$ kN, sedangkan saat kondisi fullbank $W_2 = 10608,3$ kN. Maka dipakai $W_2 = 10608,3$ kN per m' sebagai berat sendiri bendungan.

5.1.2 Gaya akibat tekanan air pori

Gaya yang terjadi akibat tekanan air pori merupakan gaya arah horizontal. Pada gambar berikut di atas garis phreatik merupakan berat volume kering dan di bawah garis phreatik merupakan berat volume jenuh.



Gambar 5.3 Garis Phreatik Pada Bendungan

Gaya yang disebabkan tekanan air pori terjadi di bawah garis phreatik.

a. Pada saat pelaksanaan

Besarnya gaya tekan air pori dapat dihitung dengan rumus Hilf (*Handout Waduk dan PLTA*)

$$p = \frac{A \cdot P_a}{V_a + h \cdot V_w - \Delta} \times (1 - A)$$

Keterangan :

P = tekanan air pori

P_a = Tekanan atmosfer tepat setelah Pelaksanaan, 1 atm = 101,3 kPa

A = koefisien kelulusan terhadap air, nilai A untuk bendungan tanah yang dilengkapi dengan drainase horizontal $A = 0,5 \text{ s/d } 0,8$

V_a = prosentase rongga udara pada tanah sesudah pemadatan terhadap volume asal

V_w = prosentase volume air pori sesudah konsolidasi terhadap volume asal

h = kelarutan udara didalam air (konstanta Henry pada suhu 20°C = 0,0198)

Δ = Prosentase pemadatan terhadap volume awal

$$\Delta = \frac{V_d}{V_b} \times 100\% = \frac{15,29}{18,12} \times 100\% = 84,4\%$$

$$V_w = \frac{V_b}{V_d} - 1$$

$$V_w = \frac{18,12}{15,29} - 1 = 0,185$$

$V_a = 48,54\%$ (Tabel Uji Laboratorium Mekanika Tanah)

$$p = \frac{0,5 \times 101,3 \text{ kPa}}{0,4854 + 0,0198 \times 0,185 - 0,844} \times (1 - 0,5)$$

$$= 53,61 \text{ kPa}$$

$$= 53,61 \text{ kN/m}^2$$

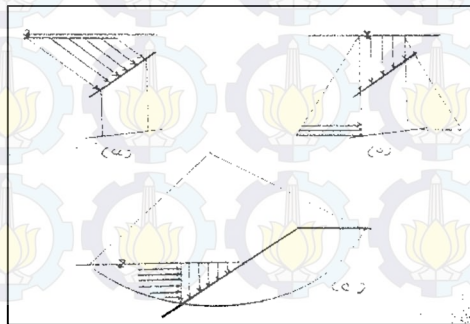
Maka per m' tekanan air pori = 53,61 kN/m²

- b. Pada saat waduk terisi penuh
- c. Pada saat terjadi *Rapid Drawdown*

Saat waduk terisi penuh dan terjadi rapid drawdown, tekanan air pori dihitung pada daerah yang menjadi rembesan atau dibawah garis depresi.

5.1.3 Gaya akibat tekanan hidrostatik

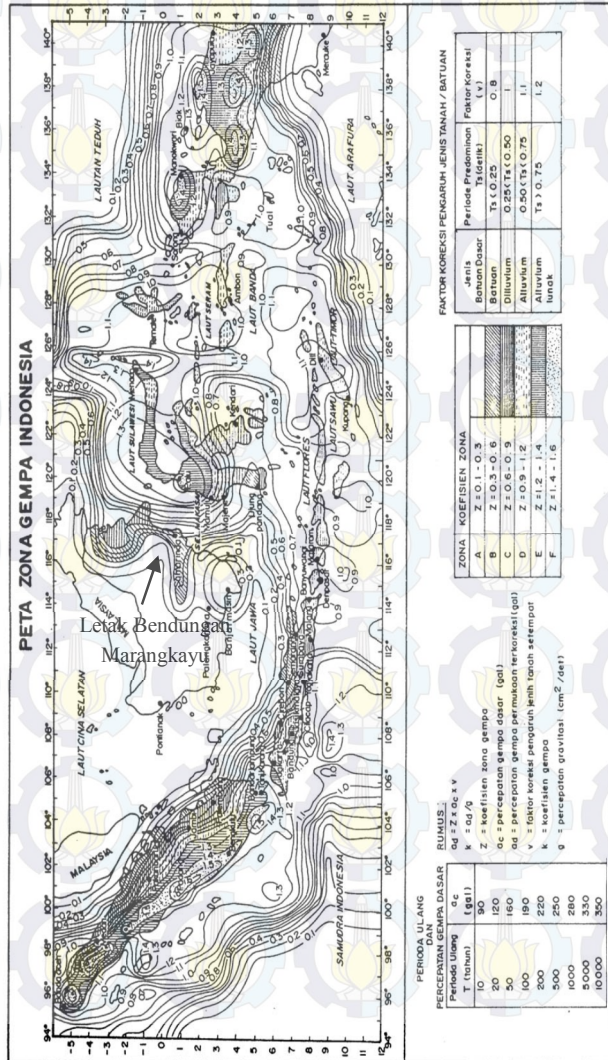
Tekanan hidrostatik pada tubuh bendungan dapat diuraikan menjadi gaya arah horizontal.



Gambar 5.4 Gaya Hidrostatik Pada Bendungan

5.1.4 Gaya akibat gempa bumi

Bendungan Marangkayu terletak di Kabupaten Kutai Kertanegara dengan melihat gambar peta gempa berikut :



Gambar 5.5 Peta Zonasi Gempa Indonesia (Sumber PD T-14 Tahun 2004-A Tentang Bendungan dan Gempa)

Menurut PD T-14 2004-A tentang pedoman stabilitas bendungan tipe urugan akibat beban gempa, menghitung gaya gempa arah horizontal dengan rumus (*pasal 8.3.1 Cara Koefisien Gempa*) :

$$F = K.W$$

$$K = \alpha_1 \cdot K_h$$

$$K_h = \frac{A_d}{g} = \frac{Z \cdot A_c \cdot v}{g}$$

Dimana :

F = merupakan gaya gempa mendatar (ton)

W = berat total bendungan (ton)

K = koefisien gempa terkoreksi untuk analisa stabilitas

K_h = koefisien gempa dasar tergantung dari periode ulang, T

α_1 = koreksi pengaruh daerah bebas (freefield)

Untuk bendungan urugan = 0,7

Untuk bendungan beton = 1

A_d = percepatan gempa maksimum terkoreksi dipermukaan (gal)

A_c = percepatan gempa dasar lihat tabel 5.3

g = percepatan gravitasi, 981 cm/det²

Z = koefisien zona gempa lihat gambar 5.5

v = pengaruh jenis tanah setempat lihat tabel 5.4

Tabel 5.3 Percepatan Gempa Dasar Untuk Periode Ulang, T

T (tahun)	A_c
10	200
20	150
50	100
100	70
200	50
500	30
1000	20
5000	10
10000	7

Sumber : PD-T-2004-A Analisis Stabilitas Bendungan Urugan Akibat Gempa

Tabel 5.4 Faktor Koreksi Pengaruh Jenis Tanah Setempat

Kelompok	Jenis Tanah	Periode predominan T_p (detik)	Koreksi (v)
1	Batuhan a) Per lapisan teratas seluruh periode kuarter diikuti batuan. b) Lapisan aluvial di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 10 m	$T_p \leq 0,25$	0,90
2	Aluvial a) Lapisan aluvial di atas lapisan batuan dengan tebal lebih dari 10 m. b) Lapisan aluvial di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 10 m.	$0,25 < T_p \leq 0,50$	1,50
3	Aluvial a) Lapisan aluvial di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 25 m b) Lapisan aluvial di atas lapisan batuan dengan tebal kurang dari 25 m dan lapisan aluvial lunak kurang dari 5 m.	$0,50 < T_p \leq 0,75$	1,70
4	Aluvial lunak a) Lapisan tanah pasiran jenuh air dengan tebal kurang dari 10 m dari permukaan dengan $N_{60} \leq$ 10 pada 20 cm penetrasi. b) Lapisan tanah lempung atau lempuran lunak ditemukan mulai pada kedalaman 3 m dari permukaan dengan nilai $s_v \leq 0,25$ kg/cm ² dari uji lapangan.	$T_p > 0,75$	1,20

Catatan :
 (1) Yang termasuk dalam lapisan aluvial ialah lapisan pasir padat, kerikil pasiran, kerikil bongkahan, dan lumpur
 keras.
 (2) Yang termasuk dalam lapisan aluvial ialah lapisan endapan baru seperti endapan sungai, dan tanggul.

Sumber : PD-T-2004-A Analisis Stabilitas Bendungan Urugan Akibat Gempa

Diketahui dari PD T-14 2004-A tentang pedoman stabilitas bendungan tipe urugan akibat beban gempa, nilai $Z = 0,1$ (gambar 5.5), $A_c = 190$ (tabel 5.3), $v = 1,2$ (tabel 5.4)

$$K_h = \frac{A_d}{g} = \frac{0,1 \times 190 \times 1,2}{981}$$

$$K_h = 0,023$$

$$K = 0,7 \times 0,023$$

$$K = 0,016$$

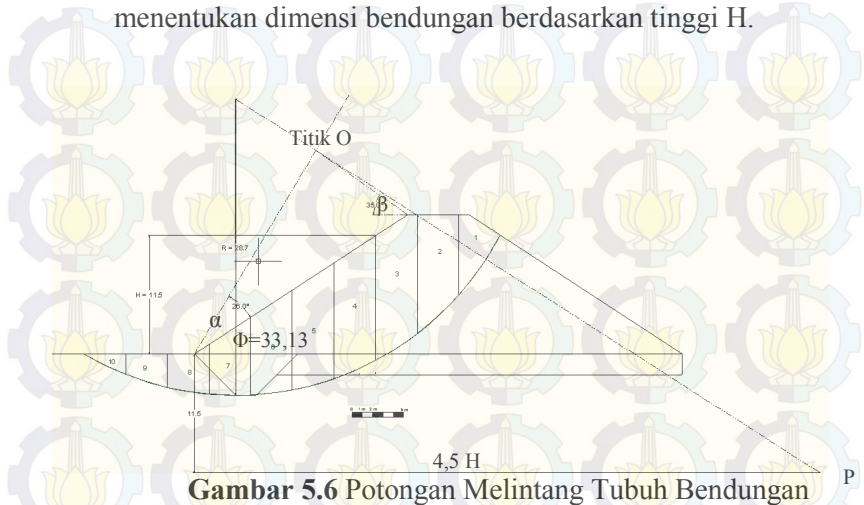
$$F = K.W = 0,016 \times (1,81t/m \times 600 + 1,81t/m \times 222,21 \times 0,35)$$

$$F = 19,996 \text{ ton} \approx 20 \text{ ton}$$

Selanjutnya nilai $K = 0,016$ digunakan sebagai intensitas gempa (e) pada perhitungan kestabilan bendungan.

5.2 Menghitung dimensi bendungan dan stabilitasnya.

Sebelum menghitung stabilitas, terlebih dahulu menentukan dimensi bendungan berdasarkan tinggi H.



Gambar 5.6 Potongan Melintang Tubuh Bendungan

$H = 11,5$ m (dari perhitungan *flood routing* Sungai Marangkayu)

$n = 1 : 1,5$ (asumsi untuk bendungan yang ekonomis)

$\Phi = 33,13^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\alpha = 26^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\beta = 35^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$R = 28.7$ m

Pada **gambar 5.6** pondasi tubuh bendungan direncanakan sesuai syarat pondasi bendungan (*handout* waduk dan PLTA) yaitu :

- Mempunyai daya dukung yang mampu menahan bahan dari tubuh bendungan dalam berbagai kondisi.
- Mempunyai kemampuan menghambat aliran filtrasi yang memadai yang berfungsi sebagai penahan air.
- Mempunyai ketahanan terhadap sufosi (*piping*) dan sembulan (*boiling*) yang disebabkan oleh aliran filtrasi pada lapisan pondasi tersebut.

Untuk memenuhi syarat – syarat diatas, maka dipilih perencanaan bahan pondasi dari tanah (*soil foundation*) yang spesifikasinya sama dengan timbunan tubuh bendungan. Sedangkan *cutoff trench* direncanakan terletak di As bendungan atau di hulu (*Upstream*) dari As bendungan (*Design Of Small Dams*). Ada dua macam bentuk desain *cutoff trench*, pertama yaitu galian dengan sisi tegak dan kedua galian yang mempunyai *slope*.

Rumus menentukan dimensi *cutoff trench* :

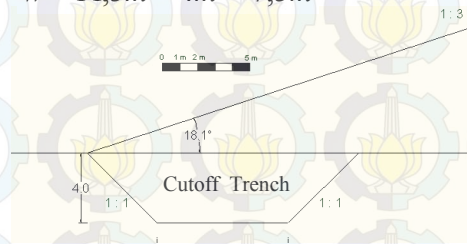
$$w = h - d_f$$

Keterangan : w = lebar dasar *cutoff trench* (m)

h = tinggi reservoir / tinggi genangan (m)

d_f = kedalaman galian *cutoff trench* (m)

$$w = 11,5m - 4m = 7,5m$$



Gambar 5.7 Detail *Cutoff Trench*

Dari **gambar 5.6**, selanjutnya di hitung kestabilan sesuai metode Fellenius yaitu dengan menganggap gaya – gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri irisan mempunyai resultan sama dengan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. (*Hary C. Hardiyatmo, 2010*)

Beberapa kondisi yang dianggap paling tidak menguntungkan pada bendungan tipe urugan adalah :

- a. Kondisi lembab segera setelah tubuh bendungan selesai dibangun, dengan keadaan air dalam

waduk masih kosong.

- b. Pada kondisi elevasi muka air waduk penuh, dimana bagian bendungan yang terletak di atas garis depresi dalam kondisi lembab, sedangkan bagian yang terletak di bawah garis depresi dalam kondisi jenuh.
- c. Pada kondisi dimana terjadi gejala penurunan mendadak (*rapid drawdown*) elevasi muka air waduk, sehingga semua bagian yang terletak di bagian bawah garis depresi dianggap jenuh.

5.2.1 Kondisi tubuh bendungan lembab segera setelah tubuh bendungan selesai dibangun, dengan keadaan air dalam waduk masih kosong.

Pada kondisi ini, direncanakan dua model bendungan dengan perbandingan lereng 1:1,5 yaitu :

- a. Tanpa *cutoff trench* pada hulu tubuh bendungan.
- b. Dengan *cutoff trench* pada tubuh bendungan.

Diketahui data titik bor BH14 (Tabel 5.5) dan gambar 5.1 :

$$\gamma_i = 18,12 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 15,29 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 23,49^\circ$$

$$\Phi = 18,91^\circ$$

$$b_i = 4,04 \text{ m (lebar irisan tanpa } cutoff \text{)}$$

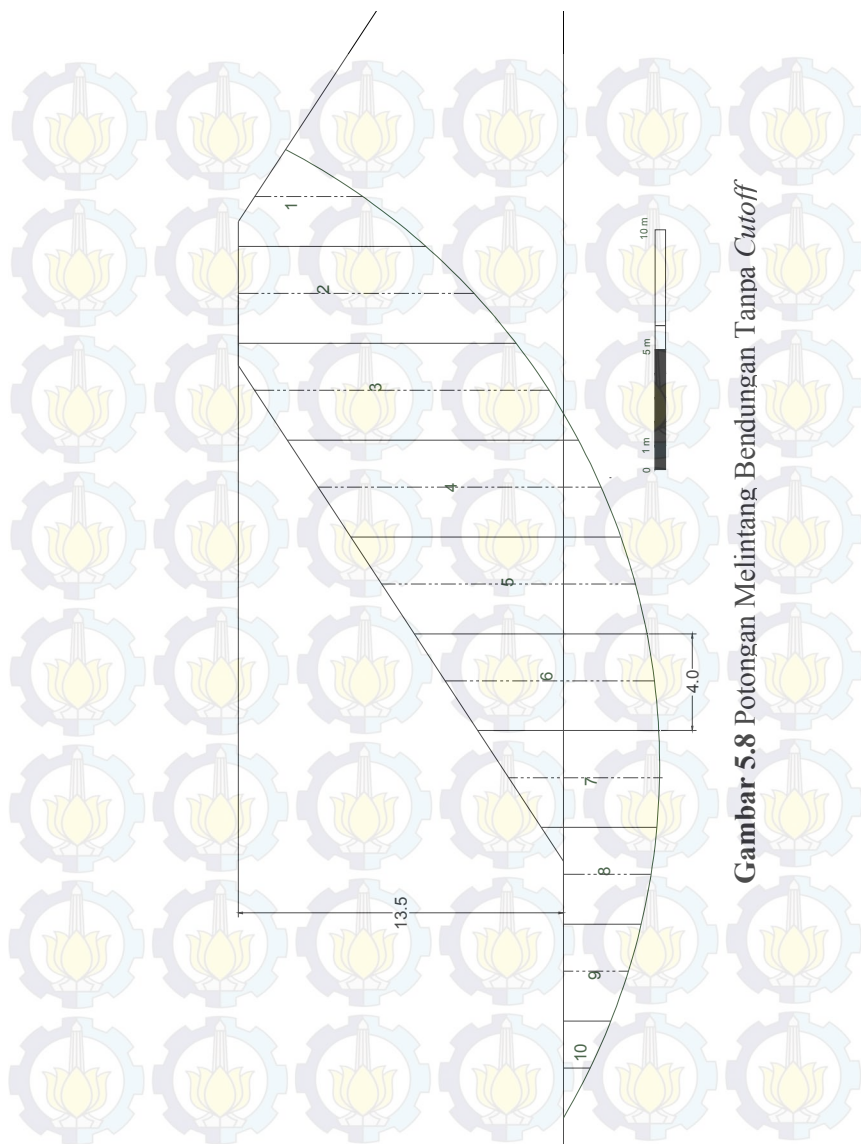
$$b_i = 4,04 \text{ m (lebar irisan dengan } cutoff \text{)}$$

Tabel 5.5 Data Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah

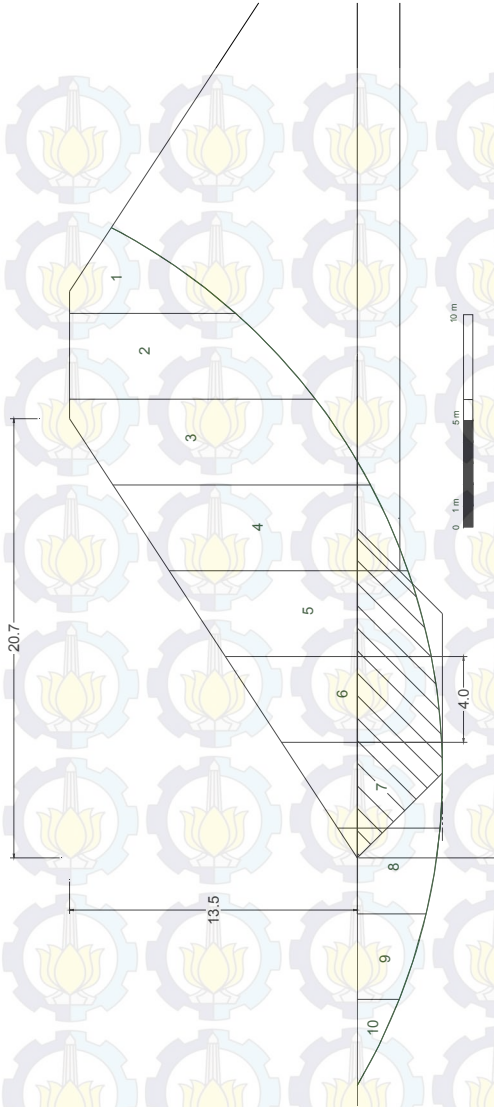
BORE HOLE	DEPTH (m)	USCS	GS	Wn %	Urn Weigh of Density		Atterberg limits			Particle Size Distribution				Consolidation		Triaxial CU			Triaxial UU		Pinhole Keterangan	Permeability K ₂₀ m/sec	e %	f %	Saturated ton m ³		
					gm / cm ³	gdl / cm ³	Liquid Limit %	Plastic Limit %	Index Plastic %	Analiser (ASTM D.422)	Sand %	Silt %	Clay %	CV %	Ce	Total Stress	Effective Stress	C	φ	KN/m ²						deg	Total Stress
BH-7	4.00-4.50	CH	2,611	28,91	1,724	1,337	95,62	26,77	68,85	10,06	37,58	52,36	0,00208	0,309	-	-	-	-	0,347	6,058	-	-	-	1,66E-07	4,41E-07	75,88401	1,918
BH-8	3.00-3.50	CL	2,629	12,14	1,877	1,674	38,68	18,23	20,45	36,20	30,77	33,03	0,00209	0,184	-	-	-	-	0,329	18,292	-	-	-	2,24E-05	1,91E-05	-	-
BH-9	1.50-2.00	CH	2,383	64,11	1,536	0,952	122,15	28,41	93,74	11,52	31,93	56,55	0,00031	0,608	23,37	12,48	22,76	19,41	-	-	-	-	-	3,88E-07	1,10E1-07	-	-
BH-9	7.00-7.60	CH	2,586	43,47	1,635	1,140	117,33	26,30	91,03	11,70	35,75	52,55	0,00180	0,394	34,99	15,49	31,62	23,77	-	-	-	-	-	8,58E-07	7,30E-07	-	-
BH-10	5.00-5.50	SP	2,625	27,95	1,831	1,431	NP	NP	NP	61,11	29,68	9,21	0,00196	0,222	-	-	-	-	0,164	22,021	-	-	-	1,35E-03	1,15E-07	73,8875	-
BH-11	1.50-2.00	CH	2,578	45,90	1,603	1,099	127,25	27,54	99,71	9,89	34,23	55,88	0,00199	0,501	25,64	14,47	23,48	20,89	-	-	-	-	-	4,30E-07	3,66E-07	118,3302	-
BH-12	3.50-4.00	CH	2,588	60,87	1,591	0,989	132,86	28,31	104,55	10,48	36,26	53,26	0,00132	0,613	-	-	-	-	0,497	6,572	-	-	-	8,48E-07	7,21E-07	157,5316	-
BH-13	1.50-1.80	CH	2,616	19,66	1,783	1,490	56,00	22,76	33,24	24,52	35,45	40,03	0,00278	0,235	-	-	-	-	0,693	17,033	-	-	-	1,53E-06	1,30E-06	51,43056	-
BH-14	1.50-2.00	CL	2,624	18,50	1,812	1,529	42,73	19,37	23,36	33,49	31,14	35,37	0,00134	0,223	26,14	12,54	23,49	18,91	-	-	-	-	-	1,66E-07	1,42E-07	48,544	2,093
TP-12	1.50-2.00	CH	2,607	49,21	1,603	1,074	113,42	27,51	85,91	12,04	33,90	54,06	0,00130	0,414	41,21	16,50	35,36	24,43	-	-	-	-	-	8,88E-07	7,55E-07	128,2905	1,704
TP-13	1.50-2.00	CH	2,596	40,06	1,674	1,195	106,99	25,97	83,02	13,29	34,24	52,47	0,00123	0,357	67,72	21,57	60,28	28,160	-	-	-	-	-	9,20E-07	7,83E-07	103,9958	1,782

(Block sample di Tenggah As-Bending)

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah



Gambar 5.8 Potongan Melintang Bendungan Tanpa Cutoff



Gambar 5.9 Potongan Melintang Bendungan Dengan *Cutoff trench*

Tabel 5.6 Perhitungan Gaya Saat Kondisi Bendungan Selesai Dibangun Dan Kosong Tanpa Cutoff trench

No	bagian	total	tinggi	tinggi	luas	γ	γ'	Wt Total	θ	Wt cos θ	Wtsin θ	tekanan	U _i	Wt cos θ - U _i	Integrasikan	gaya gesek	zona	Ne	Te	$\sum T + Te$	$\sum U + U_i$	$\sum V + V_i$	$\sum W + W_i$	$\sum M + M_i$
a	b	c	d	e	f	g	h	KN/m^3	KN/m^3	l	m	KN/m^2	m^3	KN	q	KN/m^2	m	u	l _s	v	v	v	o	
1	4.36	0.00	4.04	17.6	0.00	15.29	0.00	269.10	57.2	145.78	226.20	0.00	0.00	0.00	23.49	175.19	0.016	3.62	2.33	142.16	228.33	18.91	18.91	
2	9.75	0.00	4.04	39.37	0.00	15.29	0.00	601.97	49.9	433.75	417.41	0.00	0.00	0.00	23.49	131.70	0.016	6.68	6.94	427.07	424.35	18.91	18.91	
3	12.23	12.23	0.00	4.04	49.39	0.00	15.29	0.00	753.17	33.4	630.45	415.71	0.00	0.00	630.45	113.67	0.016	6.65	10.09	623.80	425.80	18.91	18.91	
4	10.02	8.40	1.61	4.04	40.5	6.50	15.29	0.00	519.86	22.6	479.94	199.78	16.09	119.99	339.95	102.79	0.016	3.20	7.68	567.75	207.46	18.91	18.91	
5	6.51	3.52	3.00	4.04	26.52	12.10	15.29	7.040	302.61	16.2	290.59	84.42	29.95	223.37	67.22	35.36	0.016	1.35	4.65	63.87	39.07	24.43	24.43	
6	4.89	1.15	3.74	4.04	19.75	15.10	15.29	7.040	177.40	9.5	174.97	29.28	37.38	278.75	-103.78	35.36	0.016	0.47	2.80	-104.52	32.08	24.43	24.43	
7	1.44	2.52	3.96	4.04	5.8	16.00	15.29	7.040	-43.32	-7.3	-42.97	5.50	39.60	295.36	338.33	35.36	0.016	0.09	-0.69	338.42	4.82	24.43	24.43	
8	3.61	0.02	3.59	4.04	14.6	14.52	15.29	7.040	103.44	-15.5	99.88	-27.64	35.94	263.04	-168.36	35.36	0.016	-0.44	1.39	-167.92	-26.05	24.43	24.43	
9	2.64	0.00	2.64	4.04	10.68	10.68	0.00	7.040	75.19	-19.7	70.79	-25.35	26.44	197.15	-126.37	35.36	0.016	-0.41	1.13	-125.96	-24.21	24.43	24.43	
10	1.04	0.00	1.04	4.04	-4.19	4.19	0.00	7.040	-29.50	-28.3	-25.97	-13.98	-10.37	77.35	-51.38	35.36	0.016	-0.22	0.42	-51.15	-13.97	24.43	24.43	
											1311.33			848.94		1433.21				827.96	1348.27			

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.7 Perhitungan Gaya Saat Kondisi Bendungan Kosong Dengan Cutoff Trench

No	tegi m	tegi h _c	tegi h _d	tegi pant d	tegi e	bi lebar (m)	Luas Ai m ₂	Luas Aj m ₂	Luas g	h	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	h ₈	h ₉	h ₁₀	h ₁₁	h ₁₂	h ₁₃	h ₁₄	h ₁₅	h ₁₆	h ₁₇	h ₁₈	h ₁₉	h ₂₀	h ₂₁	h ₂₂	h ₂₃	h ₂₄	h ₂₅	h ₂₆	h ₂₇	h ₂₈	h ₂₉	h ₃₀	h ₃₁	h ₃₂	h ₃₃	h ₃₄	h ₃₅	h ₃₆	h ₃₇	h ₃₈	h ₃₉	h ₄₀	h ₄₁	h ₄₂	h ₄₃	h ₄₄	h ₄₅	h ₄₆	h ₄₇	h ₄₈	h ₄₉	h ₅₀	h ₅₁	h ₅₂	h ₅₃	h ₅₄	h ₅₅	h ₅₆	h ₅₇	h ₅₈	h ₅₉	h ₆₀	h ₆₁	h ₆₂	h ₆₃	h ₆₄	h ₆₅	h ₆₆	h ₆₇	h ₆₈	h ₆₉	h ₇₀	h ₇₁	h ₇₂	h ₇₃	h ₇₄	h ₇₅	h ₇₆	h ₇₇	h ₇₈	h ₇₉	h ₈₀	h ₈₁	h ₈₂	h ₈₃	h ₈₄	h ₈₅	h ₈₆	h ₈₇	h ₈₈	h ₈₉	h ₉₀	h ₉₁	h ₉₂	h ₉₃	h ₉₄	h ₉₅	h ₉₆	h ₉₇	h ₉₈	h ₉₉	h ₁₀₀	h ₁₀₁	h ₁₀₂	h ₁₀₃	h ₁₀₄	h ₁₀₅	h ₁₀₆	h ₁₀₇	h ₁₀₈	h ₁₀₉	h ₁₁₀	h ₁₁₁	h ₁₁₂	h ₁₁₃	h ₁₁₄	h ₁₁₅	h ₁₁₆	h ₁₁₇	h ₁₁₈	h ₁₁₉	h ₁₂₀	h ₁₂₁	h ₁₂₂	h ₁₂₃	h ₁₂₄	h ₁₂₅	h ₁₂₆	h ₁₂₇	h ₁₂₈	h ₁₂₉	h ₁₃₀	h ₁₃₁	h ₁₃₂	h ₁₃₃	h ₁₃₄	h ₁₃₅	h ₁₃₆	h ₁₃₇	h ₁₃₈	h ₁₃₉	h ₁₄₀	h ₁₄₁	h ₁₄₂	h ₁₄₃	h ₁₄₄	h ₁₄₅	h ₁₄₆	h ₁₄₇	h ₁₄₈	h ₁₄₉	h ₁₅₀	h ₁₅₁	h ₁₅₂	h ₁₅₃	h ₁₅₄	h ₁₅₅	h ₁₅₆	h ₁₅₇	h ₁₅₈	h ₁₅₉	h ₁₆₀	h ₁₆₁	h ₁₆₂	h ₁₆₃	h ₁₆₄	h ₁₆₅	h ₁₆₆	h ₁₆₇	h ₁₆₈	h ₁₆₉	h ₁₇₀	h ₁₇₁	h ₁₇₂	h ₁₇₃	h ₁₇₄	h ₁₇₅	h ₁₇₆	h ₁₇₇	h ₁₇₈	h ₁₇₉	h ₁₈₀	h ₁₈₁	h ₁₈₂	h ₁₈₃	h ₁₈₄	h ₁₈₅	h ₁₈₆	h ₁₈₇	h ₁₈₈	h ₁₈₉	h ₁₉₀	h ₁₉₁	h ₁₉₂	h ₁₉₃	h ₁₉₄	h ₁₉₅	h ₁₉₆	h ₁₉₇	h ₁₉₈	h ₁₉₉	h ₂₀₀	h ₂₀₁	h ₂₀₂	h ₂₀₃	h ₂₀₄	h ₂₀₅	h ₂₀₆	h ₂₀₇	h ₂₀₈	h ₂₀₉	h ₂₁₀	h ₂₁₁	h ₂₁₂	h ₂₁₃	h ₂₁₄	h ₂₁₅	h ₂₁₆	h ₂₁₇	h ₂₁₈	h ₂₁₉	h ₂₂₀	h ₂₂₁	h ₂₂₂	h ₂₂₃	h ₂₂₄	h ₂₂₅	h ₂₂₆	h ₂₂₇	h ₂₂₈	h ₂₂₉	h ₂₃₀	h ₂₃₁	h ₂₃₂	h ₂₃₃	h ₂₃₄	h ₂₃₅	h ₂₃₆	h ₂₃₇	h ₂₃₈	h ₂₃₉	h ₂₄₀	h ₂₄₁	h ₂₄₂	h ₂₄₃	h ₂₄₄	h ₂₄₅	h ₂₄₆	h ₂₄₇	h ₂₄₈	h ₂₄₉	h ₂₅₀	h ₂₅₁	h ₂₅₂	h ₂₅₃	h ₂₅₄	h ₂₅₅	h ₂₅₆	h ₂₅₇	h ₂₅₈	h ₂₅₉	h ₂₆₀	h ₂₆₁	h ₂₆₂	h ₂₆₃	h ₂₆₄	h ₂₆₅	h ₂₆₆	h ₂₆₇	h ₂₆₈	h ₂₆₉	h ₂₇₀	h ₂₇₁	h ₂₇₂	h ₂₇₃	h ₂₇₄	h ₂₇₅	h ₂₇₆	h ₂₇₇	h ₂₇₈	h ₂₇₉	h ₂₈₀	h ₂₈₁	h ₂₈₂	h ₂₈₃	h ₂₈₄	h ₂₈₅	h ₂₈₆	h ₂₈₇	h ₂₈₈	h ₂₈₉	h ₂₉₀	h ₂₉₁	h ₂₉₂	h ₂₉₃	h ₂₉₄	h ₂₉₅	h ₂₉₆	h ₂₉₇	h ₂₉₈	h ₂₉₉	h ₃₀₀	h ₃₀₁	h ₃₀₂	h ₃₀₃	h ₃₀₄	h ₃₀₅	h ₃₀₆	h ₃₀₇	h ₃₀₈	h ₃₀₉	h ₃₁₀	h ₃₁₁	h ₃₁₂	h ₃₁₃	h ₃₁₄	h ₃₁₅	h ₃₁₆	h ₃₁₇	h ₃₁₈	h ₃₁₉	h ₃₂₀	h ₃₂₁	h ₃₂₂	h ₃₂₃	h ₃₂₄	h ₃₂₅	h ₃₂₆	h ₃₂₇	h ₃₂₈	h ₃₂₉	h ₃₃₀	h ₃₃₁	h ₃₃₂	h ₃₃₃	h ₃₃₄	h ₃₃₅	h ₃₃₆	h ₃₃₇	h ₃₃₈	h ₃₃₉	h ₃₄₀	h ₃₄₁	h ₃₄₂	h ₃₄₃	h ₃₄₄	h ₃₄₅	h ₃₄₆	h ₃₄₇	h ₃₄₈	h ₃₄₉	h ₃₅₀	h ₃₅₁	h ₃₅₂	h ₃₅₃	h ₃₅₄	h ₃₅₅	h ₃₅₆	h ₃₅₇	h ₃₅₈	h ₃₅₉	h ₃₆₀	h ₃₆₁	h ₃₆₂	h ₃₆₃	h ₃₆₄	h ₃₆₅	h ₃₆₆	h ₃₆₇	h ₃₆₈	h ₃₆₉	h ₃₇₀	h ₃₇₁	h ₃₇₂	h ₃₇₃	h ₃₇₄	h ₃₇₅	h ₃₇₆	h ₃₇₇	h ₃₇₈	h ₃₇₉	h ₃₈₀	h ₃₈₁	h ₃₈₂	h ₃₈₃	h ₃₈₄	h ₃₈₅	h ₃₈₆	h ₃₈₇	h ₃₈₈	h ₃₈₉	h ₃₉₀	h ₃₉₁	h ₃₉₂	h ₃₉₃	h ₃₉₄	h ₃₉₅	h ₃₉₆	h ₃₉₇	h ₃₉₈	h ₃₉₉	h ₄₀₀	h ₄₀₁	h ₄₀₂	h ₄₀₃	h ₄₀₄	h ₄₀₅	h ₄₀₆	h ₄₀₇	h ₄₀₈	h ₄₀₉	h ₄₁₀	h ₄₁₁	h ₄₁₂	h ₄₁₃	h ₄₁₄	h ₄₁₅	h ₄₁₆	h ₄₁₇	h ₄₁₈	h ₄₁₉	h ₄₂₀	h ₄₂₁	h ₄₂₂	h ₄₂₃	h ₄₂₄	h ₄₂₅	h ₄₂₆	h ₄₂₇	h ₄₂₈	h ₄₂₉	h ₄₃₀	h ₄₃₁	h ₄₃₂	h ₄₃₃	h ₄₃₄	h ₄₃₅	h ₄₃₆	h ₄₃₇	h ₄₃₈	h ₄₃₉	h ₄₄₀	h ₄₄₁	h ₄₄₂	h ₄₄₃	h ₄₄₄	h ₄₄₅	h ₄₄₆	h ₄₄₇	h ₄₄₈	h ₄₄₉	h ₄₅₀	h ₄₅₁	h ₄₅₂	h ₄₅₃	h ₄₅₄	h ₄₅₅	h ₄₅₆	h ₄₅₇	h ₄₅₈	h ₄₅₉	h ₄₆₀	h ₄₆₁	h ₄₆₂	h ₄₆₃	h ₄₆₄	h ₄₆₅	h ₄₆₆	h ₄₆₇	h ₄₆₈	h ₄₆₉	h ₄₇₀	h ₄₇₁	h ₄₇₂	h ₄₇₃	h ₄₇₄	h ₄₇₅	h ₄₇₆	h ₄₇₇	h ₄₇₈	h ₄₇₉	h ₄₈₀	h ₄₈₁	h ₄₈₂	h ₄₈₃	h ₄₈₄	h ₄₈₅	h ₄₈₆	h ₄₈₇	h ₄₈₈	h ₄₈₉	h ₄₉₀	h ₄₉₁	h ₄₉₂	h ₄₉₃	h ₄₉₄	h ₄₉₅	h ₄₉₆	h ₄₉₇	h ₄₉₈	h ₄₉₉	h ₅₀₀	h ₅₀₁	h ₅₀₂	h ₅₀₃	h ₅₀₄	h ₅₀₅	h ₅₀₆	h ₅₀₇	h ₅₀₈	h ₅₀₉	h ₅₁₀	h ₅₁₁	h ₅₁₂	h ₅₁₃	h ₅₁₄	h ₅₁₅	h ₅₁₆	h ₅₁₇	h ₅₁₈	h ₅₁₉	h ₅₂₀	h ₅₂₁	h ₅₂₂	h ₅₂₃	h ₅₂₄	h ₅₂₅	h ₅₂₆	h ₅₂₇	h ₅₂₈	h ₅₂₉	h ₅₃₀	h ₅₃₁	h ₅₃₂	h ₅₃₃	h ₅₃₄	h ₅₃₅	h ₅₃₆	h ₅₃₇	h ₅₃₈	h ₅₃₉	h ₅₄₀	h ₅₄₁	h ₅₄₂	h ₅₄₃	h ₅₄₄	h ₅₄₅	h ₅₄₆	h ₅₄₇	h ₅₄₈	h ₅₄₉	h ₅₅₀	h ₅₅₁	h ₅₅₂	h ₅₅₃	h ₅₅₄	h ₅₅₅	h ₅₅₆	h ₅₅₇	h ₅₅₈	h ₅₅₉	h ₅₆₀	h ₅₆₁	h ₅₆₂	h ₅₆₃	h ₅₆₄	h ₅₆₅	h ₅₆₆	h ₅₆₇	h ₅₆₈	h ₅₆₉	h ₅₇₀	h ₅₇₁	h ₅₇₂	h ₅₇₃	h ₅₇₄	h ₅₇₅	h ₅₇₆	h ₅₇₇	h ₅₇₈	h ₅₇₉	h ₅₈₀	h ₅₈₁	h ₅₈₂	h ₅₈₃	h ₅₈₄	h ₅₈₅	h ₅₈₆	h ₅₈₇	h ₅₈₈	h ₅₈₉	h ₅₉₀	h ₅₉₁	h ₅₉₂	h ₅₉₃	h ₅₉₄	h ₅₉₅	h ₅₉₆	h ₅₉₇	h ₅₉₈	h ₅₉₉	h ₆₀₀	h ₆₀₁	h ₆₀₂	h ₆₀₃	h ₆₀₄	h ₆₀₅	h ₆₀₆	h ₆₀₇	h ₆₀₈	h ₆₀₉	h ₆₁₀	h ₆₁₁	h ₆₁₂	h ₆₁₃	h ₆₁₄	h ₆₁₅	h ₆₁₆	h ₆₁₇	h ₆₁₈	h ₆₁₉	h ₆₂₀	h ₆₂₁	h ₆₂₂	h ₆₂₃	h ₆₂₄	h ₆₂₅	h ₆₂₆	h ₆₂₇	h ₆₂₈	h ₆₂₉	h ₆₃₀	h ₆₃₁	h ₆₃₂	h ₆₃₃	h ₆₃₄	h ₆₃₅	h ₆₃₆	h ₆₃₇	h ₆₃₈	h ₆₃₉	h ₆₄₀	h ₆₄₁	h ₆₄₂	h ₆₄₃	h ₆₄₄	h ₆₄₅	h ₆₄₆	h ₆₄₇	h ₆₄₈	h ₆₄₉	h ₆₅₀	h ₆₅₁	h ₆₅₂	h ₆₅₃	h ₆₅₄	h ₆₅₅	h ₆₅₆	h ₆₅₇	h ₆₅₈	h ₆₅₉	h ₆₆₀	h ₆₆₁	h ₆₆₂	h ₆₆₃	h ₆₆₄	h ₆₆₅	h ₆₆₆	h ₆₆₇	h ₆₆₈	h ₆₆₉	h ₆₇₀	h ₆₇₁	h ₆₇₂	h ₆₇₃	h ₆₇₄	h ₆₇₅	h ₆₇₆	h ₆₇₇	h ₆₇₈	h ₆₇₉	h ₆₈₀	h ₆₈₁	h ₆₈₂	h ₆₈₃	h ₆₈₄	h ₆₈₅	h ₆₈₆	h ₆₈₇	h ₆₈₈	h ₆₈₉	h ₆₉₀	h ₆₉₁	h ₆₉₂	h ₆₉₃	h ₆₉₄	h ₆₉₅	h ₆₉₆	h ₆₉₇	h ₆₉₈	h ₆₉₉	h ₇₀₀	h ₇₀₁	h ₇₀₂	h ₇₀₃	h ₇₀₄	h ₇₀₅	h ₇₀₆	h ₇₀₇	h ₇₀₈	h ₇₀₉	h ₇₁₀	h ₇₁₁	h ₇₁₂	h ₇₁₃	h ₇₁₄	h ₇₁₅	h ₇₁₆	h ₇₁₇	h ₇₁₈	h ₇₁₉	h ₇₂₀	h ₇₂₁	h ₇₂₂	h ₇₂₃	h ₇₂₄	h ₇₂₅	h ₇₂₆	h ₇₂₇	h ₇₂₈	h ₇₂₉	h ₇₃₀	h ₇₃₁	h ₇₃₂	h ₇₃₃	h ₇₃₄	h ₇₃₅	h ₇₃₆	h ₇₃₇	h ₇₃₈	h ₇₃₉	h ₇₄₀	h ₇₄₁	h ₇₄₂	h ₇₄₃	h ₇₄₄	h ₇₄₅	h ₇₄₆	h ₇₄₇	h ₇₄₈	h ₇₄₉	h ₇₅₀	h ₇₅₁	h ₇₅₂	h ₇₅₃	h ₇₅₄	h ₇₅₅	h ₇₅₆	h ₇₅₇	h ₇₅₈	h ₇₅₉	h ₇₆₀	h ₇₆₁	h ₇₆₂	h ₇₆₃	h ₇₆₄	h ₇₆₅	h ₇₆₆	h ₇₆₇	h ₇₆₈	h ₇₆₉	h ₇₇₀	h ₇₇₁	h ₇₇₂	h ₇₇₃	h ₇₇₄	h ₇₇₅	h ₇₇₆	h ₇₇₇	h ₇₇₈	h ₇₇₉	h ₇₈₀	h ₇₈₁	h ₇₈₂	h ₇₈₃	h ₇₈₄	h ₇₈₅	h ₇₈₆	h ₇₈₇	h ₇₈₈	h ₇₈₉	h ₇₉₀	h ₇₉₁	h ₇₉₂	h ₇₉₃	h ₇₉₄	h ₇₉₅	h ₇₉₆	h ₇₉₇	h ₇₉₈	h ₇₉₉	h ₈₀₀	h ₈₀₁	h ₈₀₂	h ₈₀₃	h ₈₀₄	h ₈₀₅	h ₈₀₆	h ₈₀₇	h ₈₀₈	h ₈₀₉	h ₈₁₀	h ₈₁₁	h ₈₁₂	h ₈₁₃	h ₈₁₄	h ₈₁₅	h ₈₁₆
----	-----------	------------------------	------------------------	-------------------	-----------	-----------------	---------------------------	---------------------------	-----------	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

Faktor aman didefinisikan (*Hary C. Hardiyatmo, 2010*) :

$$F = \frac{\text{Jumlah Momen tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e)tg\phi}{T + T_e}$$

a. Untuk bendungan tanpa cutoff trench F_s sebesar :

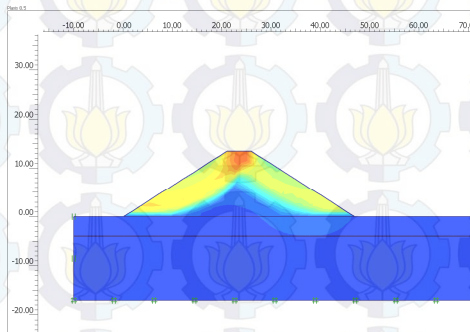
$$F_s = \frac{1423,2kN + 1549,8 \tan 18,91^\circ - 721 \tan 24,43^\circ}{1348,3kN}$$

$$F_s = 1,24 < 1,5 \dots \text{tidak OK}$$

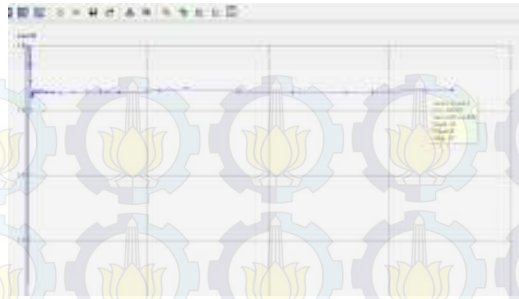
b. Untuk bendungan dengan cutoff trench F_s sebesar :

$$F_s = \frac{1276,3kN + 3269 \tan 18,91^\circ + 1071,9 \tan 24,43^\circ}{1533,8kN}$$

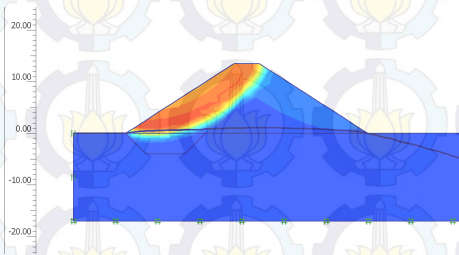
$$F_s = 1,46 < 1,5 \dots \text{tidak OK}$$



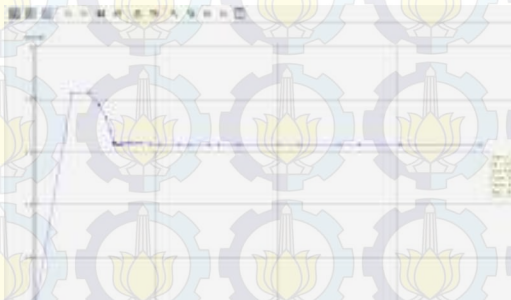
Gambar 5.10 Gambar *Displacement* Saat Bendungan Kosong



Gambar 5.11 Grafik Fs Saat Bendungan Kosong



Gambar 5.12 Gambar *Displacement* Bendungan Dengan *Cutoff Trench* Saat Kosong



Gambar 5.13 Grafik Fs Bendungan Dengan *Cutoff Trench* Saat Kosong

Dari perhitungan F_s secara manual dapat diketahui untuk bendungan dengan *cutoff trench* mempunyai kestabilan lebih tinggi ($F_s = 1,46$) dari pada tanpa *cutoff trench* ($F_s = 1,24$). Jika mempunyai jari – jari kelongsoran yang sama, perbedaan terletak pada luas penampang timbunan pada bidang longsor pada bendungan dengan *cutoff trench* lebih luas. Karena masing – masing F_s tidak memenuhi syarat, maka didesain dengan kemiringan lereng 1 : 3. Sedangkan pada perhitungan Plaxis diperoleh angka keamanan saat bendungan kosong tanpa *cutoff trench* yaitu $F_s = 1,66$ (gambar 5.11). Untuk bendungan dengan *cutoff trench* dihasilkan $F_s = 1,63$ (gambar 5.13). Harga F_s pada Plaxis lebih besar daripada perhitungan manual karena jari – jari kelongsoran pada perhitungan manual lebih besar daripada jari – jari bidang longsor program Plaxis. Jari – jari bidang longsor ini menjadi bertambah sehingga momen penggerak longsor juga semakin besar.

Karena tidak memenuhi syarat, maka diredesain dengan kemiringan lereng 1 : 3

$H = 11,5$ m (dari perhitungan flood routing Sungai Marangkayu)

$n = 1 : 3$ (*handout* Waduk dan PLTA).

$\Phi = 18,1^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\alpha = 25^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\beta = 35^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$R = 51,6$ m

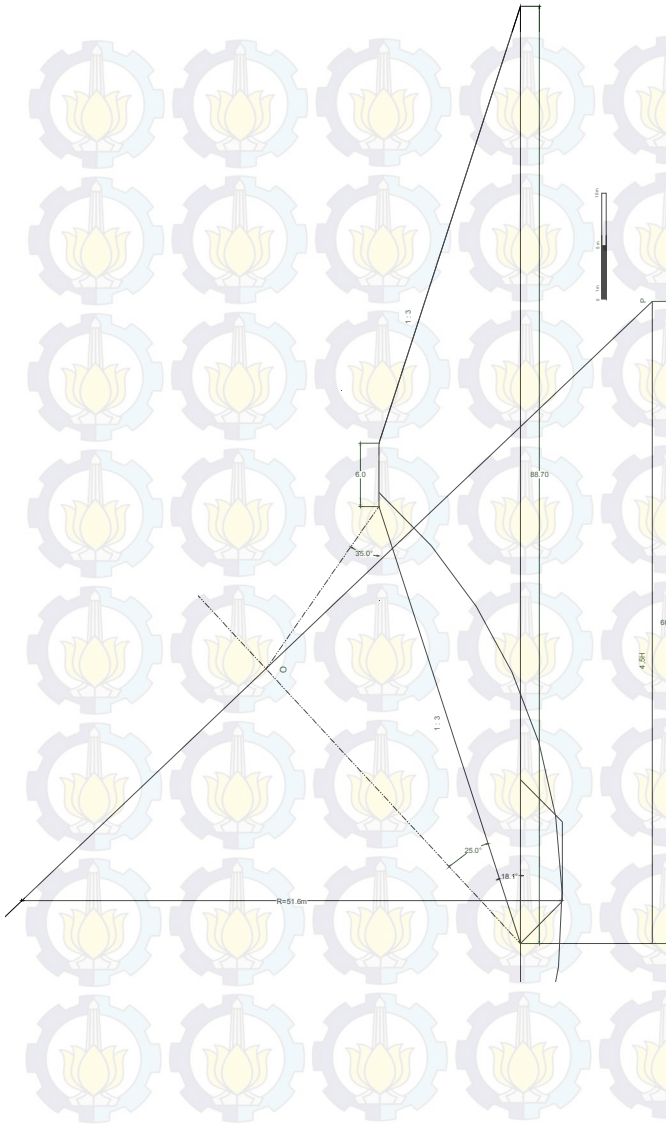
Diketahui data bor BH14:

$\gamma_i = 18,12$ kN/m³

$c' = 23,49$

$\varphi = 18,91^\circ$

$b_i = 5,52$ m (lebar irisan)



Gambar 5.14 Menggambar Potongan Melintang Bendungan Dengan

Lereng 1 : 3

Menghitung $\gamma_{saturated}$, dari **tabel 5.5** pengujian Laboratorium Mekanika Tanah bila diketahui titik Bore Hole 14 sebagai berikut :

$$G_s = 2,624$$

$$w_n = 18,5 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori, } e &= G_s \times w_n \\ &= 2,624 \times 18,5\% \\ &= 0,49 \end{aligned}$$

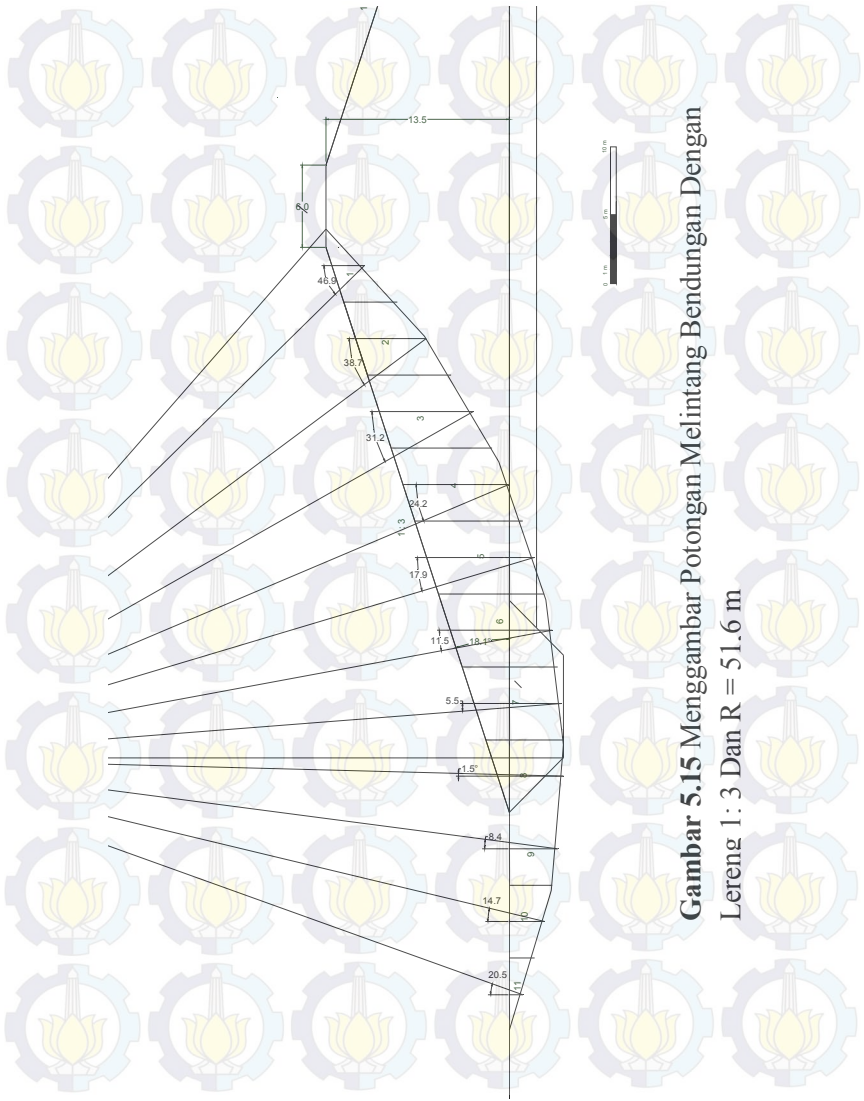
Jadi angka pori $e = 0,49$ sehingga $\gamma_{saturated}$ dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \frac{G_s \cdot \gamma_w + e \cdot \gamma_w}{1 + e} \\ &= \frac{2,624 \cdot 1t/m^3 + 0,49 \cdot 1t/m^3}{1 + 0,49} \end{aligned}$$

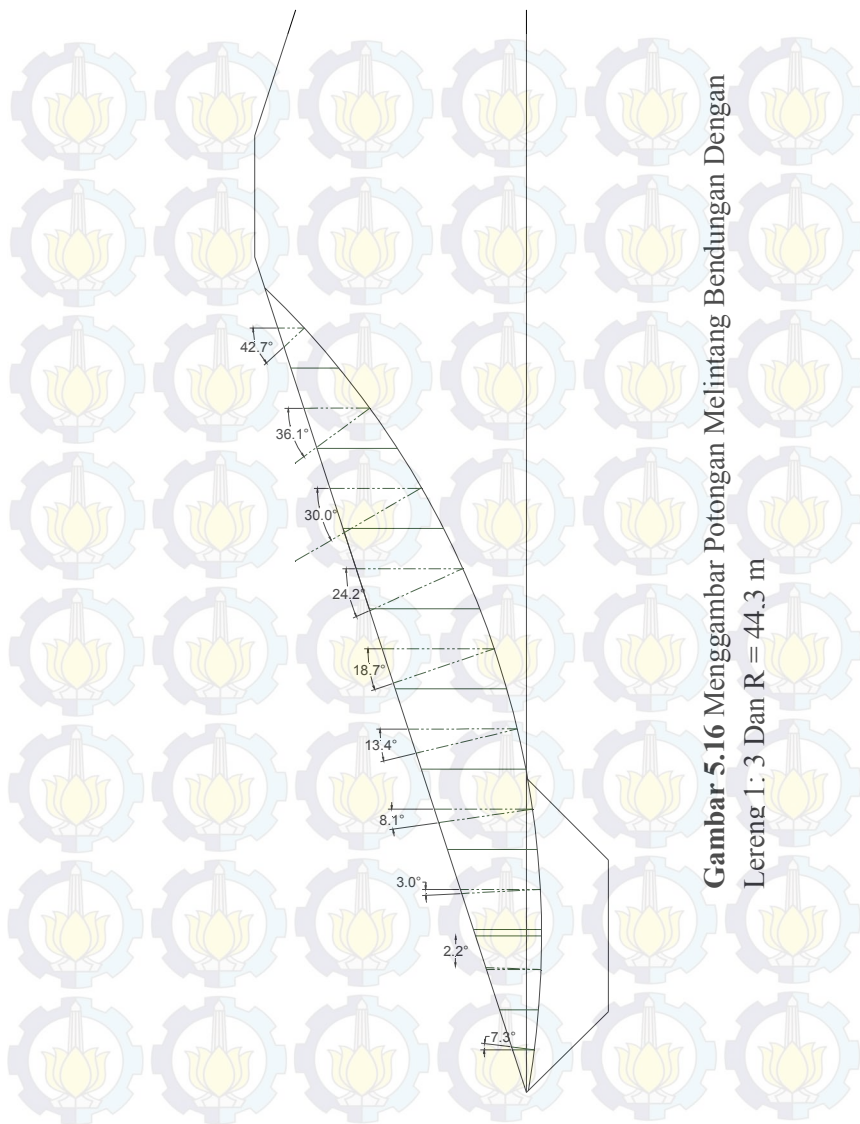
$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= 2,09 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_{sat} &= 20,93 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Saat bundungan kondisi kosong ada dua perhitungan kestabilan yaitu pada :

- a. Saat kosong $R = 51,6 \text{ m}$
- b. Saat kosong $R = 44,3 \text{ m}$



Gambar 5.15 Menggambar Potongan Melintang Bendungan Dengan Lereng 1 : 3 Dan R = 51.6 m



Gambar 5.16 Menggambar Potongan Melintang Melintang Bendungan Dengan

Lereng 1: 3 Dan $R = 44.3$ m

Tabel 5.8 Perhitungan Gaya Saat Kondisi Bendungan Selesai Dibangun Dan Kosong Lereng 1:3 R = 51,6 m

No	tinggi m	tinggi m	Luas jamb. m ²	Luas jamb. m ²	Luas jamb. m ²	γ' kN/m ³	γ' kN/m ³	γ' kN/m ³	Wt.Total kN	θ _o j	Wt cos θ _o kN	Wt sin θ _o kN	Wt sat θ _o kN	tekanan air pori (u) m ² x γ _w	Φ _o	U _i u x (bulcos θ _o) oed x n	Wt cos θ _o - U _i N - U _i p = k _{co}	c' kN/m ²	koefisi koreksi r = f _{0.05} θ _o	gaya gesek dan lapis gesek	zona gesek	Ne k s t	Te k s u	N - Ne p - u v	T + Te p - u w
1	2.24	0.00	5.34	11.95	0	18.12	0	216.53	46.9	147.95	158.10	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	147.95	23.49	183.58	0.016	2.53	2.57	145.38	160.47	
2	5.11	0.00	5.34	27.3	0.00	18.12	0.00	494.68	38.7	386.06	509.29	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	386.06	23.49	160.73	0.016	4.95	6.18	379.88	315.47	
3	6.81	0.00	5.34	36.34	0.00	18.12	0.00	638.48	31.2	563.24	541.11	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	563.24	23.49	146.65	0.016	5.46	9.01	554.23	350.12	
4	7.73	0.00	5.34	41.3	0.00	18.12	0.00	748.36	24.2	682.59	306.77	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	682.59	23.49	137.52	0.016	4.91	10.92	671.61	317.69	
5	8.03	0.00	5.34	42.9	0.00	18.12	0.00	777.35	17.9	739.72	238.92	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	739.72	23.49	131.82	0.016	3.82	11.84	727.88	250.76	
6	7.42	0.00	5.34	39.61	0.00	18.12	0.00	717.73	11.5	703.32	143.09	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	703.32	23.49	128.01	0.016	2.29	11.25	692.07	154.35	
7	6.41	0.00	5.34	34.25	0.00	18.12	0.00	620.61	5.5	617.75	59.48	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	617.75	23.49	126.02	0.016	0.95	9.88	607.87	69.37	
8	4.74	0.00	5.34	25.3	0.00	18.12	0.00	458.44	-6.4	455.58	-51.10	0.00	18.9	0.00	18.9	0.00	455.58	23.49	126.22	0.016	-0.82	7.29	448.29	-43.81	
9	0.00	3.50	5.34	0	18.7	0	7.040	131.65	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.4	189.03	-58.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	2.08	-60.88	-17.15			
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.040	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.4	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.39	1.47	-49.22	-22.70			
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.040	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.25	24.4	54.45	-20.82	35.36	201.59	0.016	-0.20	0.54	-21.36	-12.04			
											1449.698						4168.865		1728.21				4096.03	1522.55	

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.9 Perhitungan Gaya Saat Kondisi Bendungan Selesai Dibangun Dan Kosong Lereng 1 : 3 R = 44.3 m

No	tinggi m	bi lebar (m)	Luas A1 m2	Luas pemb (m2)	Luas f	yp k/m3	yp' h/m3	Wt Total kN	Bi j	Wtose Bi kN	Wtose Bi k	Wtose Bi k	Wtose Bi-Ui N. Ui	Ut o x o	Wtose Bi-Ui p=fc-o	c' q	kolasi q	gaya gesek idua basis r = (kolasi Bm) s	zona gesape	Ne ls	Te k.s	N. Nk - Un p - u	T+Te Pu w	
1	1.24	0.00	4	4.96	0	18.12	0	89.88	42.7	66.05	60.95	0.00	18.91	0.00	18.91	0.00	18.91	23.49	127.85	0.016	0.98	1.06	64.99	62.01
2	3.15	0.00	4	12.6	0.00	18.12	0.00	228.31	36.1	184.47	134.52	0.00	18.91	0.00	184.47	23.49	116.29	0.016	2.15	2.95	181.52	137.47		
3	4.46	0.00	4	17.82	0.00	18.12	0.00	322.90	30	279.64	161.45	0.00	18.91	0.00	279.64	23.49	108.50	0.016	2.38	4.47	275.16	165.92		
4	5.23	0.00	4	20.92	0.00	18.12	0.00	379.07	24.2	345.76	153.39	0.00	18.91	0.00	345.76	23.49	103.01	0.016	2.49	5.33	340.23	160.92		
5	5.50	0.00	4	22	0.00	18.12	0.00	398.64	18.7	377.60	173.81	0.00	18.91	0.00	377.60	23.49	99.20	0.016	2.04	6.04	371.55	133.85		
6	5.36	0.00	4	21.43	0.00	18.12	0.00	388.31	13.4	377.74	89.99	0.00	18.91	0.00	377.74	23.49	96.39	0.016	1.44	6.04	371.70	96.03		
7	4.82	0.00	4	19.36	0.00	18.12	0.00	348.99	8.1	345.51	49.17	0.00	18.91	0.00	345.51	23.49	94.91	0.016	0.79	5.33	339.98	54.70		
8	3.93	0.00	4	15.7	0.00	18.12	0.00	284.48	3	284.09	14.89	0.00	18.91	0.00	284.09	23.49	94.09	0.016	0.24	4.55	279.55	19.43		
9	3.33	0.00	4	13.33	0.00	18.12	0.00	241.54	2.2	241.36	9.27	0.00	18.91	0.00	241.36	23.49	94.03	0.016	0.15	3.38	257.50	13.13		
10	1.05	0.00	4	4.2	0.00	18.12	0.00	76.10	-7.3	75.69	-9.67	0.00	18.91	0.00	75.49	23.49	94.73	0.016	-0.15	1.21	74.28	-8.46		
										793.773					2577.709		1029.19				2536.47	835.02		

Sumber : Perhitungan

Cek kestabilan saat bendungan kosong dengan kemiringan lereng 1 : 3

$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e) \operatorname{tg} \phi}{T + T_e}$$

a. Untuk bendungan dengan $R = 51,6 \text{ m}$:

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 3116,7 \text{ kN}}{1522,5 \text{ kN}}$$

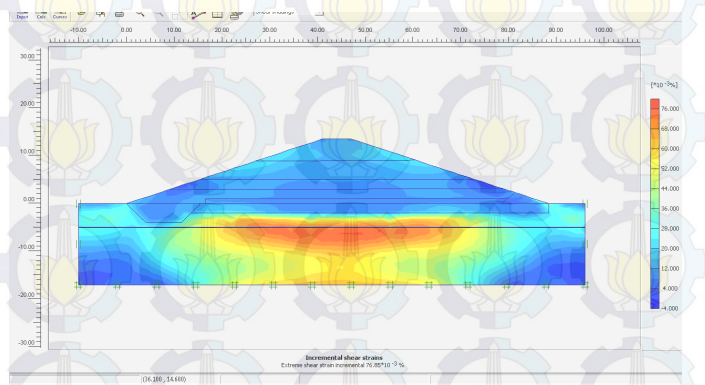
$$F_s = 2,05 > 1,5 \dots \text{OK}$$

b. Untuk bendungan dengan $R = 44,3 \text{ m}$:

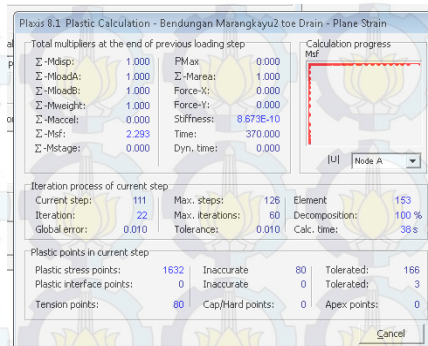
$$F_s = \frac{1029,2 \text{ kN} + 2536,5 \tan 18,91^\circ}{835 \text{ kN}}$$

$$F_s = 2,27 > 1,5 \dots \text{OK}$$

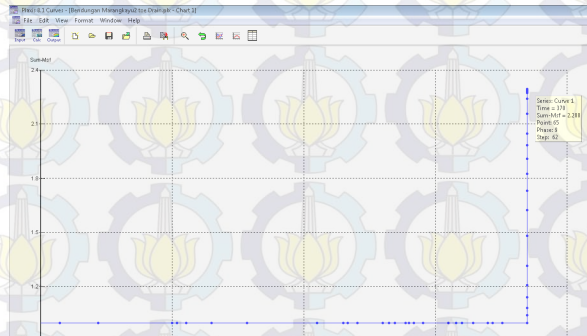
Dihitung dengan program Plaxis sebagai pembanding



Gambar 5.17 Gambar *Incremental Shears* Saat Bendungan Kosong



Gambar 5.18 Proses Perhitungan Angka Keamanan F_s Dengan Program Plaxis



Gambar 5.19 Grafik Nilai F_s Saat Bendungan Kosong

Saat bendungan kosong setelah dibangun, dari perhitungan program Plaxis (gambar 5.15) nilai $F_s = 2,28$

5.2.2 Menghitung kestabilan bendungan saat terisi penuh (*Fullbank*)

Data perencanaan sebagai berikut :

$H = 13,5 \text{ m}$ (dari perhitungan routing Sungai Marangkayu)

$n = 1 : 3$ (*handout* Waduk dan PLTA).

$\Phi = 18,1^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\alpha = 25^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\beta = 35^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\gamma_i = 18,12 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_d = 15,29 \text{ kN/m}^3$

$c' = 23,49^\circ$

$\Phi' = 18,91^\circ$

$b_i = 5,34 \text{ m}$ (lebar irisan)

Menghitung $\gamma_{saturated}$, dari **tabel 5.5** pengujian Laboratorium Mekanika Tanah bila diketahui titik **BH 14** sebagai berikut :

$G_s = 2,624$

$w_n = 18,5\%$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori } e &= G_s \times w_n \\ &= 2,624 \times 18,5\% \\ &= 0,49 \end{aligned}$$

Jadi angka pori $e = 0,49$ sehingga $\gamma_{saturated}$ dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \frac{G_s \cdot \gamma_w + e \cdot \gamma_w}{1 + e} \\ &= \frac{2,624 \cdot 1t/m^3 + 0,49 \cdot 1t/m^3}{1 + 0,49} \\ \gamma_{sat} &= 2,09 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung garis phreatik untuk kemiringan lereng 1 : 3

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

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

$$y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2}$$

$$h = 11,5 \text{ m}$$

$$L1 = 35,3 \text{ m}$$

$$L2 = 53,5 \text{ m}$$

$$0,3L1 = 10,59 \text{ m}$$

$$d = 0,3 L1 + L2 = 64,09 \text{ m}$$

$$Y_0 = 1,02 \text{ m}$$

$$X_0 = 0 \text{ m}$$

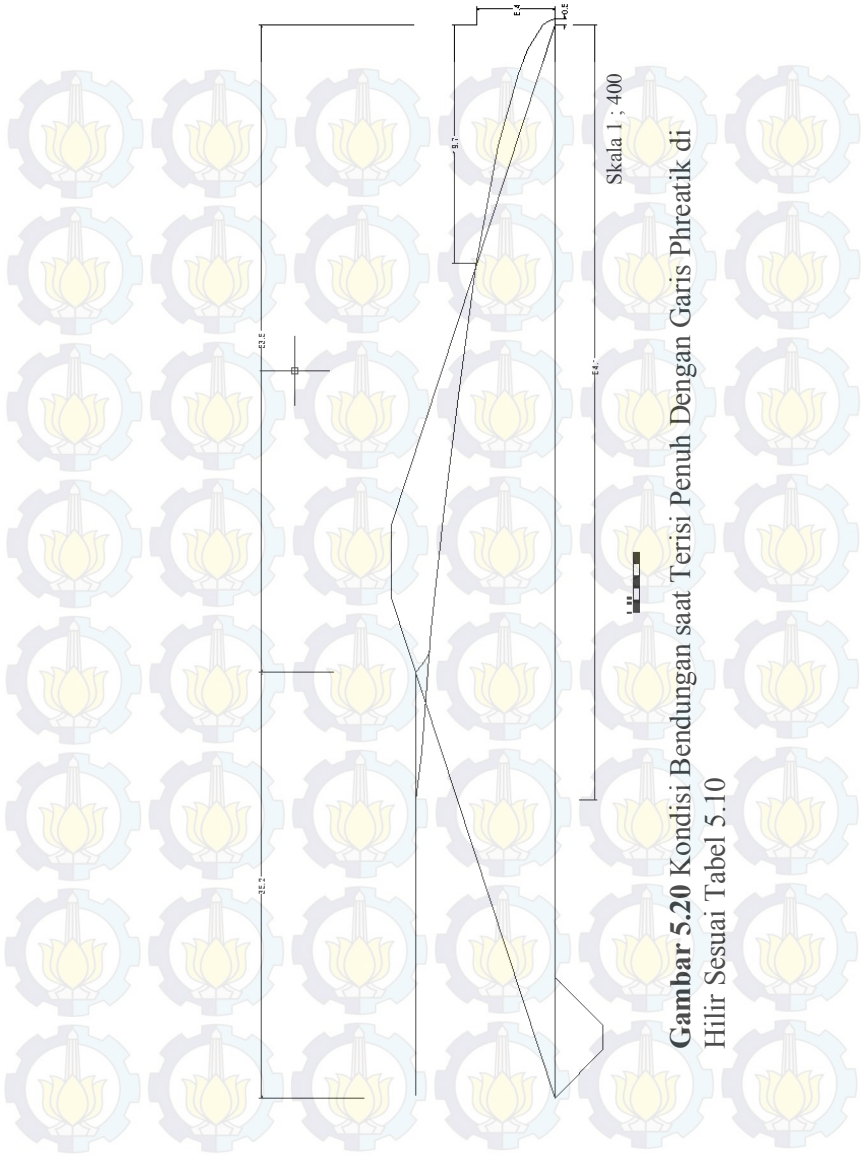
$$y = \sqrt{2y_0 x + y_0^2}$$

$$y = \sqrt{2 \times 1,02x + 1,02^2}$$

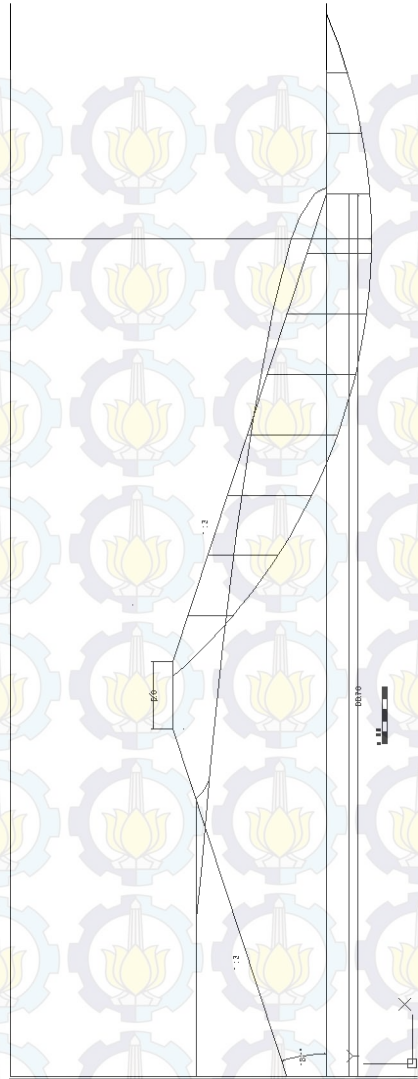
Tabel 5.10 Letak Titik Garis Phreatik Untuk Lereng 1 : 3

x (m)	-0.51	2	4	6	10	20	30	40	50
y (m)	0	2.27	3.04	3.65	4.64	6.48	7.90	9.11	10.17

Sumber : Perhitungan



Gambar 5.20 Kondisi Bendungan saat Terisi Penuh Dengan Garis Phreatik di Hilir Sesuai Tabel 5.10



Gambar 5.21 Perhitungan Gaya Saat Kondisi Bendungan Terisi Penuh Dengan Kemiringan Lereng 1: 3 Pada Sisi Hilir

Cek kestabilan saat bendungan terisi penuh :

$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e)tg\phi}{T + T_e}$$

$$F_s = \frac{1728,2kN + 564,1kN \tan 19,81}{1032,1kN}$$

$$F_s = 1,86 > 1,5 \dots OK$$

Perencanaan *Toe Drain* (drainase tumit)

Perbandingan lereng bendungan 1 : 3 merupakan desain ekonomis karena untuk tampungan kosong sudah memenuhi syarat dan selanjutnya dihitung untuk kestabilan saat *rapid drawdown*.

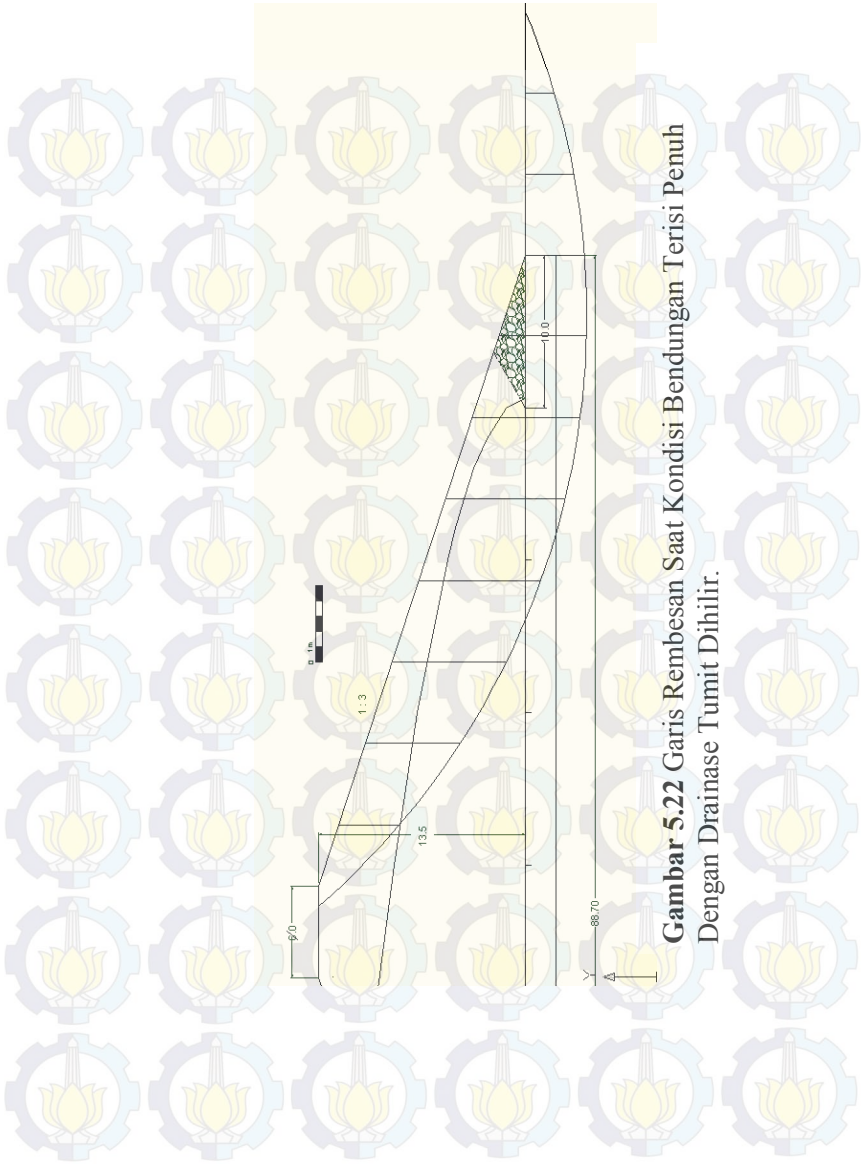
Pada **Gambar 5.13** saat tampungan pada bendungan penuh, maka terjadi semburan (*boiling*) pada titik Q (19,7 ; 6,4)m. Sehingga diperlukan drainase tumit dengan syarat (*Sosrodarsono*):

$$6,4 \text{ m} < 1/3 \text{ H}$$

$$6,4 \text{ m} < 1/3 (11,5 \text{ m})$$

$$6,4 \text{ m} < 3,83 \text{ m} \dots \text{diperlukan Drainase Tumit} = 10 \text{ m}$$

Selanjutnya direncanakan filter untuk mengalirkan air pori ke drainase tumit dari lapisan tanah yang dipasang PVD. Bahan filter yang terdiri dari pasir dan kerikil harus mempunyai kekuatan geser dan kelulusan air yang memadai (*Sosrodarsono, 2002*). Bahan tersebut yaitu kelompok gradasi A (gambar) yang mempunyai berat volume kering $\gamma_d = 21,7 \text{ kN/m}^3$ sudut geser dalam $\Phi = 41^\circ$ dan kohesi $c = 0,34 \text{ kg/cm}^2$. Ketebalan filter direncanakan 0,6 m (*Sosrodarsono, 2002*).



Gambar 5.22 Garis Rembesan Saat Kondisi Bendungan Terisi Penuh Dengan Drainase Tumit Dihilir.

Cek kestabilan saat bendungan terisi penuh dengan drainase tumpat di hilir bendungan:

$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e) \cdot tg \phi}{T + T_e}$$

a. Untuk bendungan Fullbank dengan $R = 51,6 \text{ m}$:

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 915,5 \text{ kN}}{1142,9 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,77 > 1,5 \dots OK$$

b. Untuk bendungan Fullbank dengan $R = 44,3 \text{ m}$:

$$F_s = \frac{1029,2 \text{ kN} + (-65,09 \text{ kN})}{377 \text{ kN}}$$

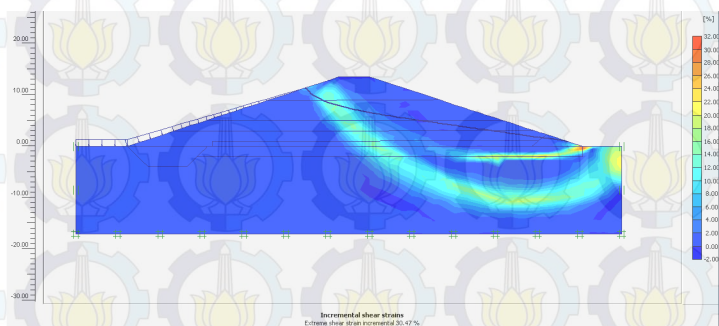
$$F_s = 2,67 > 1,5 \dots OK$$

Dari program Plaxis dengan asumsi :

Fase inisial : tubuh bendungan dengan *fullbank* dan ada rembesan tetap sesuai perhitungan tabel 5.10

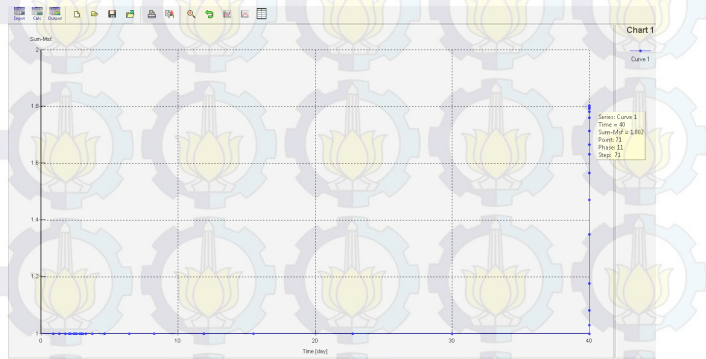
Fase 1: *type calculation consolidation* selama 40 hari.

Fase 2: *type calculation phi-reduction* untuk menghitung angka keamanan F_s setelah fase 1.



Gambar 5.23 Incremental Shears Saat Bendungan *Fullbank*

Dari program Plaxis dengan asumsi garis freatik sesuai tabel 5.10 maka setelah dihitung $F_s = 1.802$ seperti pada gambar dibawah :



Gambar 5.24 Grafik nilai F_s Saat Bendungan *Fullbank*

5.2.3 Menghitung kestabilan tubuh bendungan saat muka air turun tiba - tiba sampai muka air terendah (*Rapid Drawdown*).

Kestabilan saat *Rapid Drawdown* ini ditinjau pada lereng sebelah hulu dan dibedakan dalam 4 jenis yaitu :

- Saat muka air setinggi H
- Saat muka air setinggi $\frac{3}{4} H$
- Saat muka air setinggi $\frac{1}{2} H$
- Saat muka air setinggi $\frac{1}{4} H$

Data perencanaan sebagai berikut :

$H = 11,5 \text{ m}$ (dari perhitungan Q_{pmf} Sungai Marangkayu)

$n = 1 : 3$ (*handout* Waduk dan PLTA).

$\Phi = 18,1^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\alpha = 25^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$\beta = 35^\circ$ (*handout* Waduk dan PLTA)

$$\begin{aligned} \gamma_i &= 18,12 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma_d &= 15,29 \text{ kN/m}^3 \\ c' &= 23,49^\circ \\ \Phi' &= 18,91^\circ \\ b_i &= 5,34 \text{ m (lebar irisan)} \end{aligned}$$

garis preatik di gambarkan melalui rumus :

$$\gamma_c = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0} \quad y = \sqrt{2y_0 \cdot x + y_0^2}$$

$$x_0 = 0$$

Tabel 5.14 Garis Phreatik Pada Bendungan Dengan Toe Drain Saat Kondisi Air Maksimum (Hmax.)

h	11.5 m	L1	35 m						
d	54 m	L2	43.5 m						
(1/3)L1	10.5								
y ₀	1.21								
x ₀	0								
x (m)	-0.61	2	6	8	10	20	30	40	50
y (m)	0	2.51	4.00	4.57	5.07	7.06	8.61	9.92	11.1

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.15 Garis Phreatik Pada Bendungan Dengan Toe Drain Saat Kondisi Air $\frac{3}{4}$ Hmax.

h	8.6 m	L1	26.2 m						
d	60.16 m	L2	52.3 m						
(0,3)L1	7.86								
y ₀	0.61								
x ₀	0								
x (m)	-0.31	2	4	6	10	20	30	40	50
y (m)	0	1.68	2.29	2.78	3.55	4.98	6.09	7.02	7.84

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.16 Garis Phreatik Pada Bendungan Dengan Toe Drain Saat Kondisi Air $\frac{1}{2}$ Hmax.

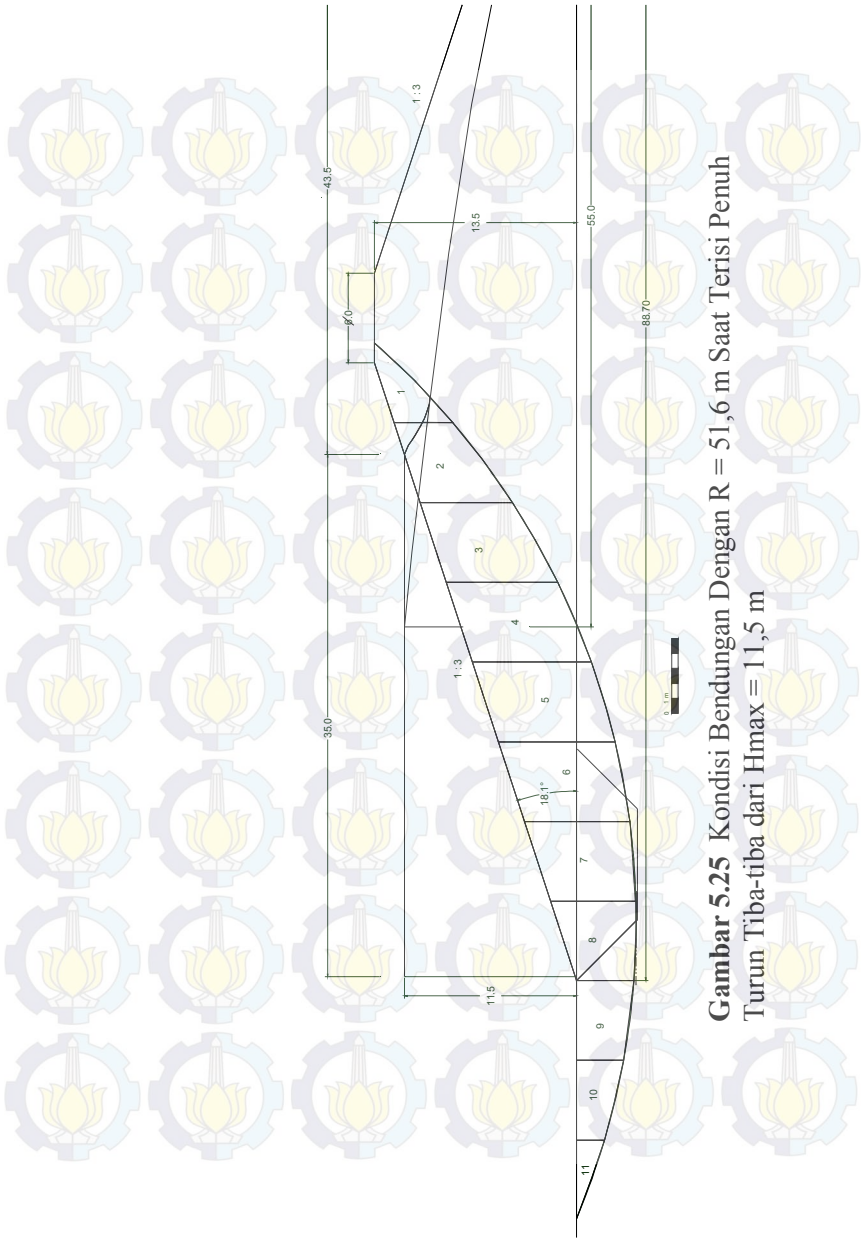
h	5.7 m	L1	17.3 m						
d	66.39 m	L2	61.2 m						
(0,3)L1	5.19								
yo	0.24								
x0	0								
x (m)	-0.12	2	4	6	10	20	30	40	50
y (m)	0	1.02	1.42	1.73	2.22	3.14	3.84	4.43	4.95

Sumber : Perhitungan

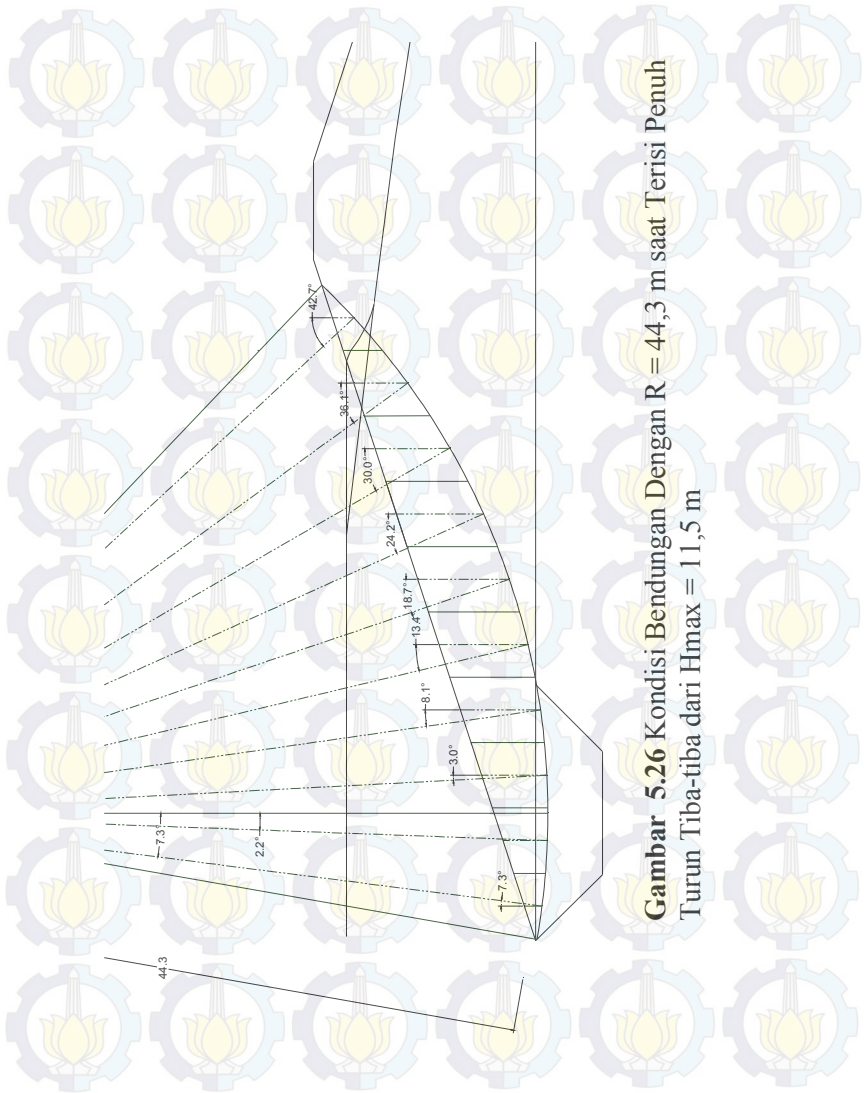
Tabel 5.17 Garis Phreatik Pada Bendungan Dengan Toe Drain Saat Kondisi Air $\frac{1}{4}$ Hmax.

h	2.9 m	L1	8.4 m						
d	72.62 m	L2	70.1 m						
(0,3)L1	2.52								
yo	0.06								
x0	0								
x (m)	-0.03	2	4	6	10	20	30	40	50
y (m)	0	0.48	0.68	0.84	1.08	1.52	1.86	2.15	2.41

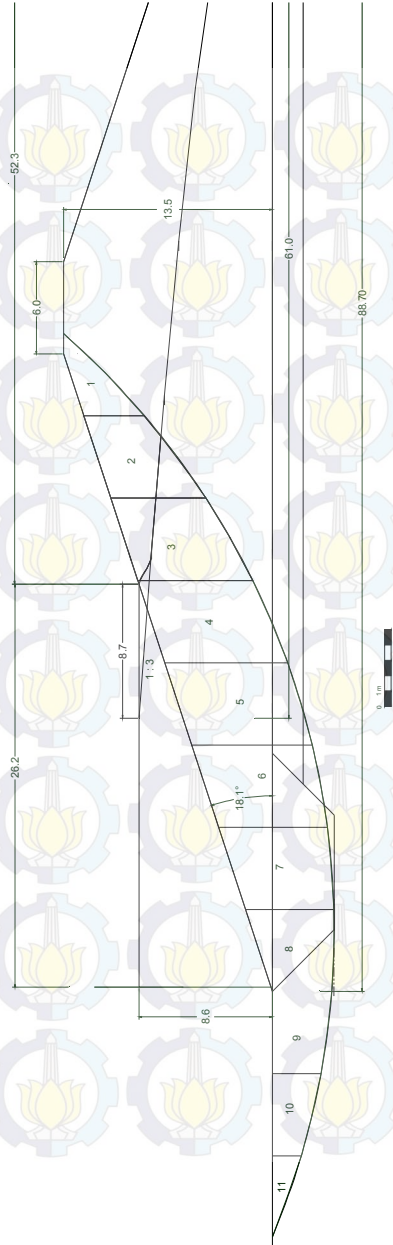
Sumber : Perhitungan



Gambar 5.25 Kondisi Bendungan Dengan $R = 51,6$ m Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba dari $H_{max} = 11,5$ m



Gambar 5.26 Kondisi Bendungan Dengan $R = 44,3$ m saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba dari $H_{max} = 11,5$ m

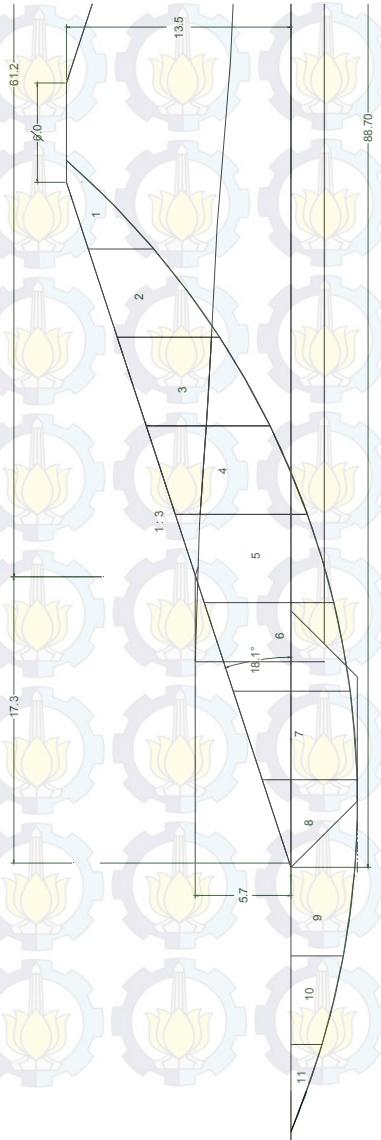


Gambar 5.27 Perhitungan Rapid Drawdown Saat $\frac{3}{4}$ Himax

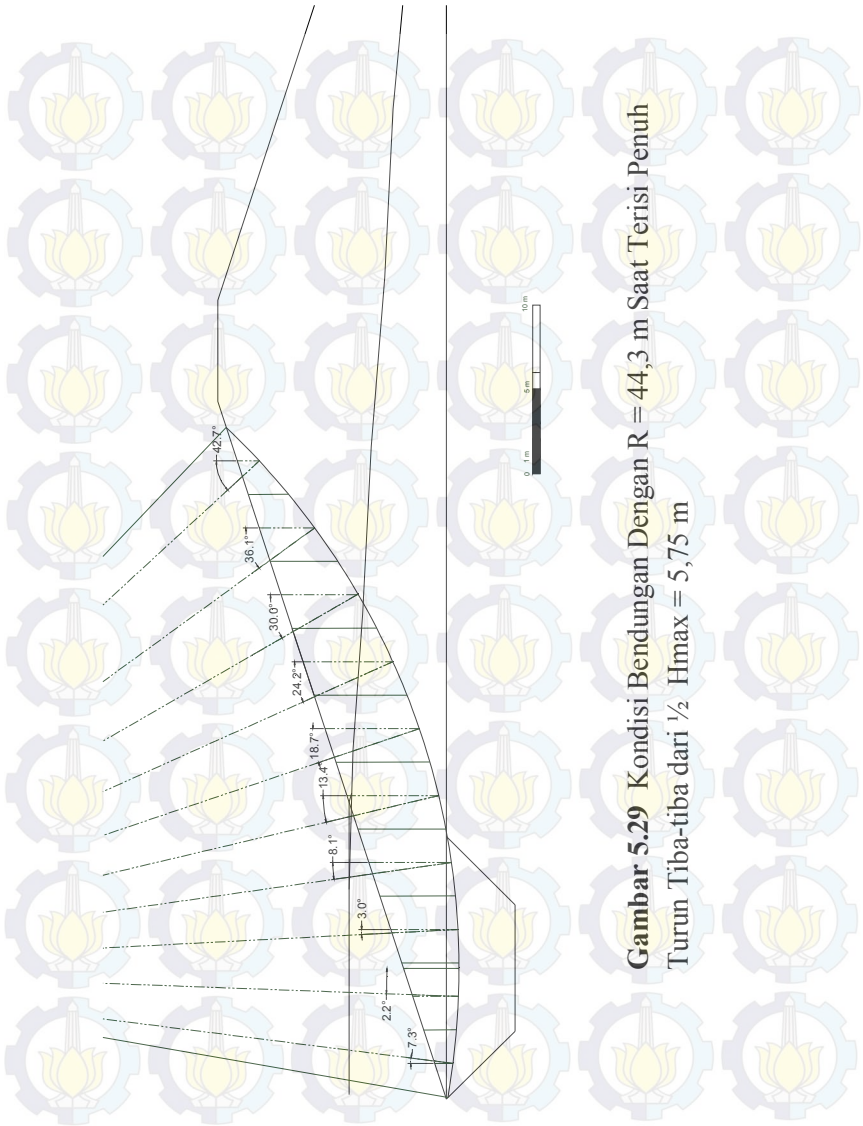
Tabel 5.20 Perhitungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba Sampai Muka Air $\frac{3}{4}$ Hmax

No	tinggi m	tinggi jemb	bi lahas (m)	Luas Ai m ²	Luas jemb(m ²)	Yi kN/m ³	Yi' kN/m ³	Wi Total kN	ti j	Wi cos ti kN	Wi sin ti kN	bekanan sai point (kn) mex x wi	Φ n	Ui ax (kN/oscft)	Wi cos ti-Uj N-Uj	c' k	kehasi q	gaya gesek/ zona dua lapis gempa s	Ne ls	Te k.s	Uj p-u	T+Te hu
1	2,23	0,00	5,34	11,93	0	18,12	10,93	216,17	46,9	147,70	157,84	0,00	18,91	0,00	147,70	23,49	183,38	0,016	2,53	2,36	145,34	160,20
2	0,37	4,75	5,34	1,95	25,37	18,12	10,93	312,63	38,7	243,98	195,47	47,51	18,91	325,08	-81,09	23,49	160,73	0,016	3,13	3,90	-85,00	199,37
3	1,23	3,86	5,34	6,59	20,16	18,12	10,93	344,57	31,2	294,73	178,50	38,58	18,91	240,83	53,90	23,49	146,65	0,016	2,86	4,72	49,18	183,21
4	1,71	5,09	5,34	9,14	27,17	18,12	10,93	462,58	24,2	421,93	189,62	50,88	18,91	297,88	124,06	23,49	137,52	0,016	3,03	6,75	117,30	196,38
5	0,04	7,79	5,34	0,2	41,6	18,12	10,93	458,31	17,9	436,13	140,87	77,90	18,91	437,16	-1,03	23,49	131,82	0,016	2,25	6,98	-8,01	147,84
6	0,00	6,34	5,34	0	33,87	18,12	10,93	370,20	11,5	362,77	73,81	63,43	18,91	345,64	171,3	23,49	128,01	0,016	1,18	5,80	11,32	79,61
7	0,00	5,23	5,34	0	27,95	18,12	10,93	305,49	5,5	304,09	29,28	52,34	18,91	280,79	23,29	23,49	126,02	0,016	0,47	4,87	18,43	34,15
8	0,00	3,31	5,34	0	17,7	18,12	10,93	193,46	-6,4	192,26	-21,56	33,15	18,91	178,11	14,15	23,49	126,22	0,016	-0,35	3,08	11,07	-18,49
9	0,00	3,50	5,34	0	18,7	0	7,04	131,65	-8,4	130,24	-19,23	35,02	24,43	189,03	-58,79	35,36	190,87	0,016	-0,31	2,08	-60,88	-17,15
10	0,00	2,53	5,34	0	13,53	0	7,04	95,25	-14,7	92,13	-24,17	25,34	24,43	139,88	-47,75	35,36	195,21	0,016	-0,39	1,47	-49,22	-22,70
11	0,00	0,96	5,34	0	5,1	0	7,04	35,90	-20,5	33,63	-12,57	9,55	24,43	54,45	-20,82	35,36	201,59	0,016	-0,20	0,54	-21,36	-12,04
											887,839			170,745				1726,21			128,19	930,39

Sumber : Perhitungan



Gambar 5.28 Kondisi Bendungan dengan $R = 51,6$ m Saat Terisi Penuh Turun
Tiba-tiba dari $\frac{1}{2}$ $H_{max} = 5,75$ m



Gambar 5.29 Kondisi Bendungan Dengan $R = 44,3$ m Saat Terisi Penuh
Turun Tiba-tiba dari $\frac{1}{2}$ $H_{max} = 5,75$ m

Tabel 5.21 Kondisi Bendungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba Sampai Muka Air ½
Hmax R = 51,6 m

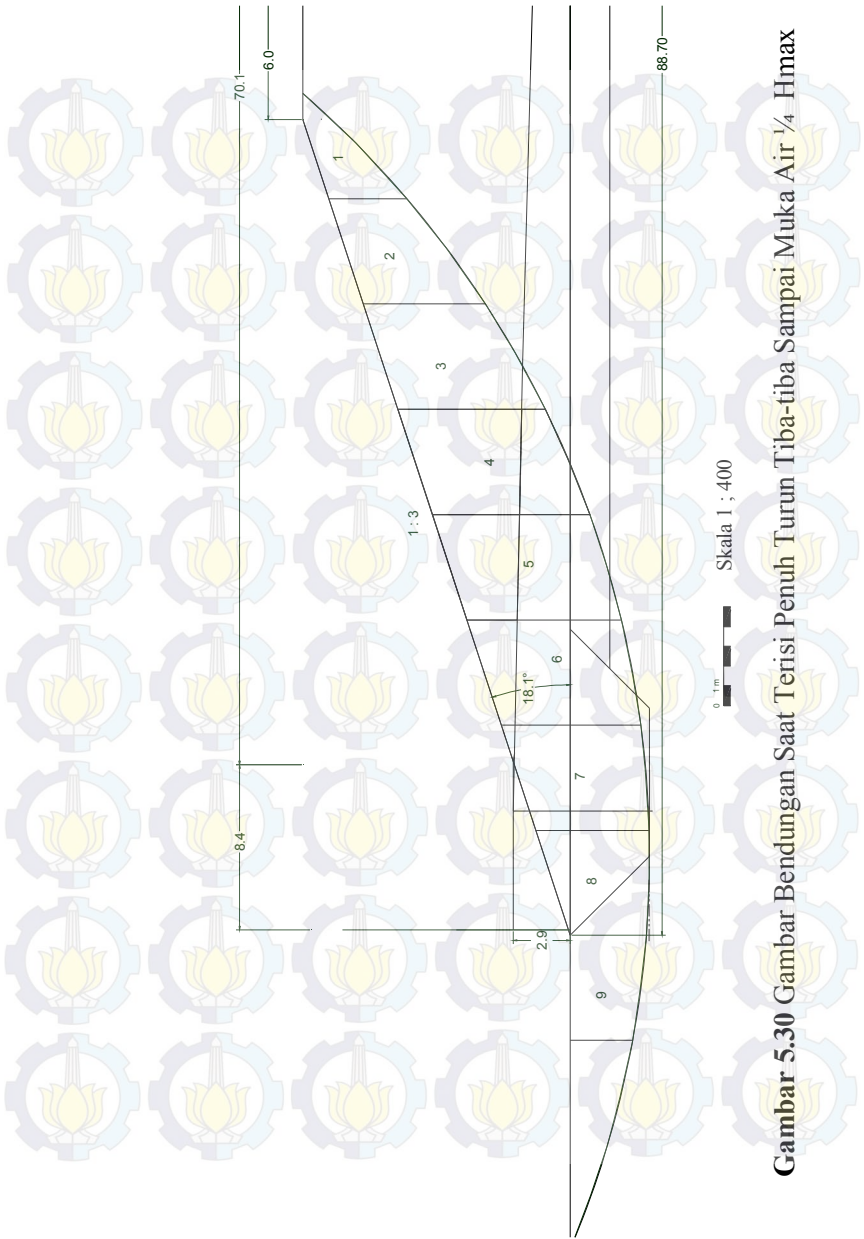
No	tinggi lu m	luas jemb m ²	luas ai m ²	luas jemb m ²	v' m/s	v' m/s	v' m/s	v' m/s	Wt Total kN	θ o	Wt coef kN	Wt smth kN	takanan air ponti m ²	Φ	U m/s	Wt coef U N	Ne k/s	Te k/s	N-N-Ui p-u	T+Te m		
1	5.32	0.00	5.34	28.42	0	18.12	0	514.97	46.9	351.87	376.01	0.00	18.91	0.00	351.87	23.49	183.38	6.02	5.63	346.24	381.64	
2	5.12	0.03	5.34	27.32	0.15	18.12	10.93	496.68	38.7	387.62	310.54	0.28	18.91	1.92	385.70	23.49	160.73	4.97	6.20	379.50	316.75	
3	2.21	4.63	5.34	11.82	24.75	18.12	10.93	484.70	31.2	414.59	251.09	46.35	18.91	269.35	123.24	23.49	146.65	4.02	6.63	118.61	237.72	
4	2.52	5.09	5.34	13.46	27.17	18.12	10.93	540.86	24.2	493.33	221.71	50.88	18.91	297.88	193.45	23.49	137.52	3.55	7.89	187.56	229.61	
5	0.38	7.25	5.34	3.1	38.7	18.12	10.93	479.16	17.9	453.97	147.27	72.47	18.91	406.69	49.28	23.49	131.82	2.36	7.30	41.99	154.57	
6	0.00	6.34	5.34	0	33.87	0	10.93	370.20	11.5	362.77	73.81	63.43	18.91	345.64	171.13	23.49	128.01	1.18	5.80	11.32	79.61	
7	0.00	5.23	5.34	0	27.95	0	10.93	305.49	5.5	304.09	29.28	53.34	18.91	280.79	23.29	23.49	126.02	0.47	4.87	18.43	34.15	
8	0.00	3.31	5.34	0	17.7	0	10.93	193.46	-6.4	192.26	-21.56	33.15	18.91	178.11	14.15	23.49	126.22	-0.55	3.08	11.07	-18.49	
9	0.00	3.30	5.34	0	18.7	0	7.04	131.65	-8.4	130.24	-19.23	35.02	24.43	189.03	-58.79	35.36	190.87	0.016	-0.31	40.88	-17.15	
10	0.00	2.53	5.34	0	13.53	0	7.04	95.25	-14.7	92.13	-24.17	25.34	24.43	139.88	-47.75	35.36	195.21	0.016	-0.59	1.47	-49.22	-22.70
11	0.00	0.96	5.34	0	5.1	0	7.04	35.90	-20.5	33.63	-12.57	9.55	24.43	54.45	-20.82	35.36	201.59	0.016	-0.20	0.54	-21.36	-12.04
															1034.758		1726.2				1935.87	

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.22 Kondisi Bendungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba Sampai Muka Air ½ Hmax
 $R = 44.3 \text{ m}$

No	tinggi m	tinggi jernih m	tinggi lebar (m)	hi	Luas A1 m ²	Luas A2 jernih(m ²)	Luas f	vt g	vt' kg/m ³	Wt Total kN	fi	Wt cos fi kN	Wt sin fi kN	tekanan air pori (cm) sec x wt' e x n	Ø'	U1 m (0,0000)	Wt cos fi / U1 p-k-o	N-U1 q	kohesi c'	gaya gesek pada lapis r = (b cos Ø) x s	zona gempa e	Ne ls	Te k.s	N-Ne-U1 p-u	T+Te w	
1	1.24	0.00	4	4.96	0	18.12	0	89.88	42.7	66.05	0.00	18.9	0.00	127.85	0.016	0.98	1.06	64.99	62.01							
2	3.15	0.00	4	12.6	0.00	18.12	0.00	228.31	36.1	184.47	34.32	0.00	18.9	0.00	184.47	23.49	116.29	0.016	2.15	2.95	181.52	137.47				
3	4.46	0.00	4	17.62	0.00	18.12	0.00	322.90	30	279.64	161.45	0.00	18.9	0.00	279.64	23.49	103.01	0.016	2.38	4.47	275.16	163.92				
4	5.06	0.00	4	20.25	0.67	18.12	10.93	362.11	24.2	330.29	148.44	0.00	18.9	0.00	330.29	23.49	99.20	0.016	2.38	5.28	325.01	153.72				
5	3.60	1.90	4	14.41	7.59	18.12	10.93	206.54	18.7	195.63	66.22	18.98	18.9	80.13	115.50	23.49	99.20	0.016	1.06	3.13	112.37	69.35				
6	0.33	5.03	4	1.33	20.10	18.12	10.93	-120.42	13.4	-117.14	-27.91	50.25	18.9	206.63	-323.77	23.49	96.59	0.016	-0.45	-1.87	-321.89	-29.78				
7	0.00	4.82	4	0	19.26	0	10.93	210.51	8.1	208.41	29.66	48.15	18.9	194.54	13.87	23.49	94.91	0.016	0.47	3.33	10.54	33.00				
8	0.00	3.93	4	0	13.33	0	10.93	171.60	3	171.37	8.98	39.25	18.9	157.22	14.15	23.49	94.09	0.016	0.14	2.74	11.41	11.72				
9	0.00	3.33	4	0	13.33	0	10.93	145.70	2.2	145.59	5.59	33.33	18.9	133.40	12.19	23.49	94.03	0.016	0.09	2.33	9.86	7.92				
10	0.00	1.05	4	0	4.2	0	10.93	45.91	-7.3	45.53	-5.83	10.50	18.9	42.34	3.19	23.49	94.73	0.016	-0.09	0.73	2.46	-5.10				
										582.072							695.594				1029.19		671.44		606.23	

Sumber : Perhitungan



Gambar 5.30 Gambar Bendungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba Sampai Muka Air $\frac{1}{4}$ Hmax

Cek kestabilan saat bendungan *Rapid Drawdown* (muka air tiba - tiba turun sampai elevasi terendah)

a. Saat muka air setinggi H :

$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e).tg\phi}{T + T_e}$$

- Untuk bendungan dengan R = 51,6 m :

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} - 212,7 \text{ kN}}{945,6 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,74 > 1,5 \dots OK$$

- Untuk bendungan dengan R = 44,3 m:

$$F_s = \frac{1029,2 \text{ kN} + 108,22 \text{ kN}}{523 \text{ kN}}$$

$$F_s = 2,04 > 1,5 \dots OK$$

b. Saat muka air setinggi 3/4 H :

$$F_s = \frac{Cl + (N - U - N_e).tg\phi}{T + T_e}$$

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 128,2 \text{ kN}}{930,4 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,9 > 1,5 \dots OK$$

c. Saat muka air setinggi $1/2 H$:

- Untuk bendungan dengan $R = 51,6 \text{ m}$:

$$F_s = \frac{1728,2 \text{ kN} + 983,3 \text{ kN}}{1383,6 \text{ kN}}$$

$$F_s = 1,5 = 1,5 \dots \text{OK}$$

- Untuk bendungan dengan $R = 44,3 \text{ m}$:

$$F_s = \frac{1029,2 \text{ kN} + 671,4}{606,2 \text{ kN}}$$

$$F_s = 2,08 > 1,5 \dots \text{OK}$$

d. Saat muka air setinggi $1/4 H$:

$$F_s = \frac{C1 + (N - U - N_e) \cdot \text{tg} \phi}{T + T_e}$$

$$F_s = \frac{1937,5 \text{ kN} + 1728,2 \text{ kN}}{1389 \text{ kN}}$$

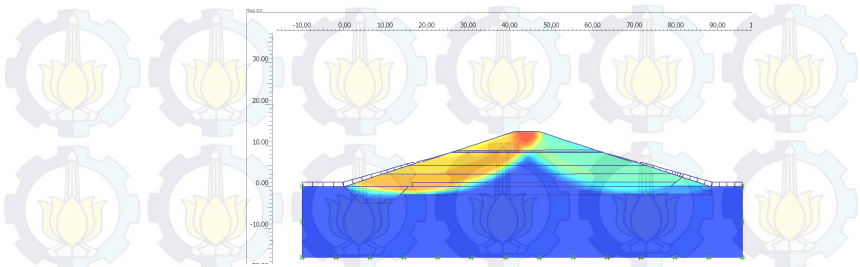
$$F_s = 1,7 > 1,5 \dots \text{OK}$$

Tabel 5.24 Rekapitulasi Angka Keamanan $R = 51,6 \text{ m}$

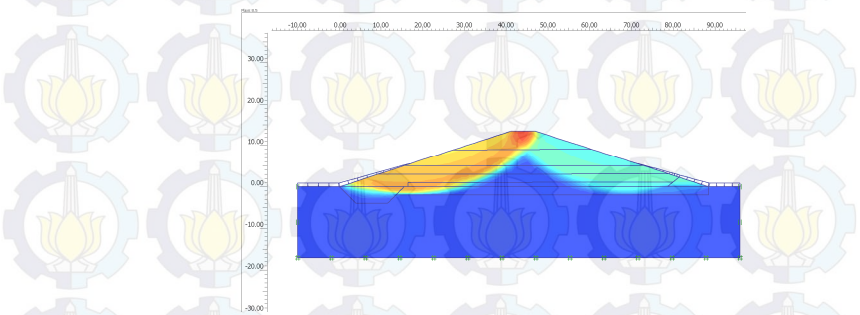
Stabilitas saat bendungan	F_s
1. Kosong	2,05
2. Penuh	1,77
3. Turun Tiba-tiba	
3/4 H_{max}	1,9
1/2 H_{max}	1,5
1/4 H_{max}	1,7

Tabel 5.25 Rekapitulasi Angka Keamanan Bendungan dengan $R = 44,3 \text{ m}$

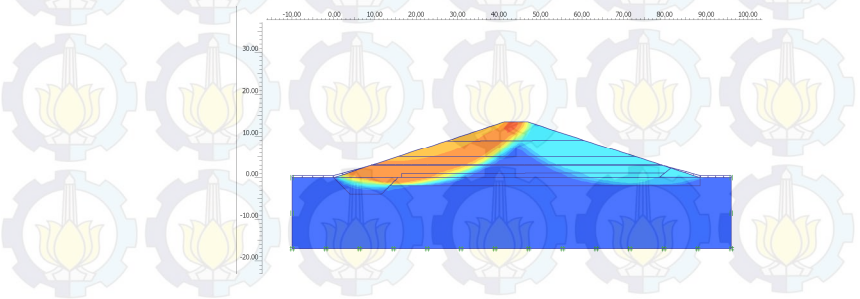
Stabilitas saat bendungan	F_s
1. Kosong	2,27
2. Penuh	2,67
3. Turun Tiba-tiba	
3/4 H_{max}	2,0
1/2 H_{max}	2,1



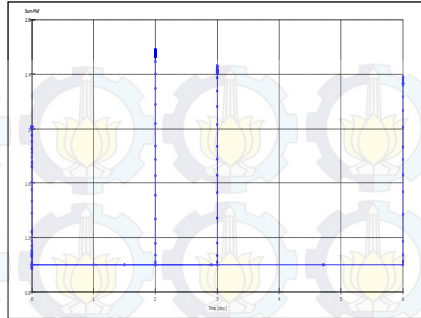
Gambar 5.31 Bendungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba $\frac{3}{4}$ dari Hmax



Gambar 5.32 Bendungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba $\frac{1}{2}$ dari Hmax



Gambar 5.33 Bendungan Saat Terisi Penuh Turun Tiba-tiba $\frac{1}{4}$ dari Hmax



Gambar 5.34 Grafik Angka Keamanan Bendungan Kiri – Kanan Menunjukkan H_{max} , $\frac{3}{4} H_{max}$, $\frac{1}{2} H_{max}$ dan $\frac{1}{4} H_{max}$

Tabel 5.26 Rekapitulasi Angka Keamanan Dari Plaxis

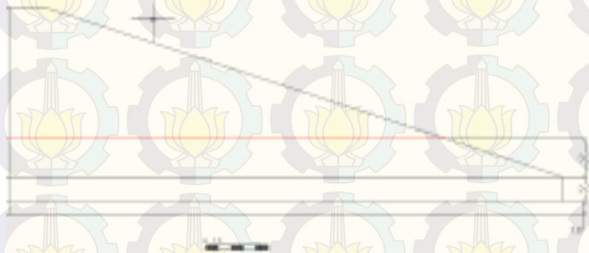
Stabilitas saat bendungan	Fs
1. Kosong	2,28
2. Penuh	1,80
3. Turun Tiba -tiba	
3/4 Hmax	2,60
1/2 Hmax	2,49
1/4 Hmax	2,30

Setelah dihitung angka keamanan (F_s) dari bendungan dengan kemiringan lereng 1 : 3 diperoleh nilai F_s terendah (Sosrodarsono,2002) yaitu saat muka air turun tiba – tiba sampai $\frac{1}{2}$ dari H_{max} yaitu $F_s = 1,5$.

5.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk perbaikan Pondasi Bendungan

Dibawah *embankment* bendungan Marangkayu adalah jenis tanah lunak, diperlukan perbaikan dengan metode pemancangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Dengan tujuan untuk mempercepat proses konsolidasi sehingga kestabilan yang telah direncanakan tidak berubah karena adanya *settlement*.

Dengan adanya *preloading* bendungan, maka diketahui penurunan timbunan bendungan dengan asumsi tanah terkonsolidasi normal (*Normally Consolidation*). Dimulai beban timbunan setinggi 3 m, 4 m, 5m dan 7m selanjutnya diperoleh grafik hubungan H_{initial} dan H_{final} .



Gambar 5.35 Preloading Setinggi $h = 3$ m

Misal beban setinggi $h = 3$ m, mempunyai $q = 45.87$ kN/m² dan $\Delta p = q$ pada kedalaman 1 m

Maka penurunan terkonsolidasi Normal yaitu :

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{p'_0 + \Delta p}{p'_0}$$

Dimana : S_c : Penurunan terkonsolidasi primer

C_c : Koefisien Consolidation (**tabel 5.1** pengujian Laboratorium tanah)

H : Kedalaman lapisan tanah yang terkonsolidasi tiap 1 m (m)

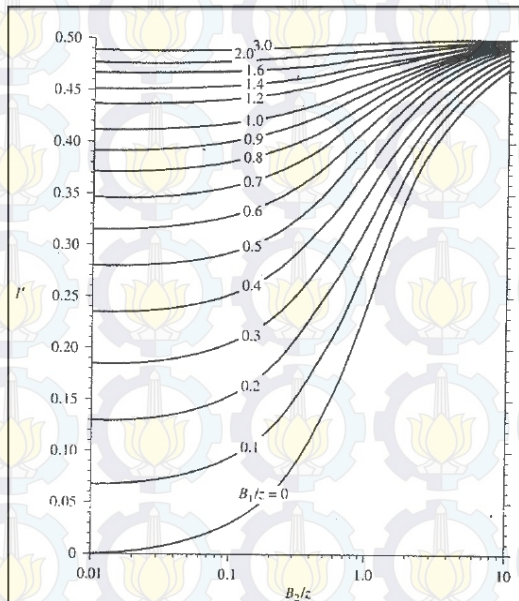
e_o : angka pori awal

p'_o : tegangan efektif sebelum beban bekerja (kN/m^2)

Δp : tambahan tegangan di tengah – tengah lapisan tanah yang ditinjau akibat q (kN/m^2)

$$S_c = \frac{0,357 \times 1m}{1 + 1,04} \log \frac{3,91 + 45,87}{3,91}$$

$$S_c = 0,1934 \text{ m}$$



Gambar 5.36 Grafik Oosterberg Hubungan U dan t/z^2

Tabel 5.27 Perhitungan Preloading Dengan Beban setinggi 3 meter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
No.	H ₁ tmb (m)	z (m)	Y ₁ Knm ³	Y ₂ Knm ³	Y ₃ Knm ³	a m	b m	a/2	b/2	Po' 6 x 3	I dari grafik	Delta P q	Cc	eo	Sc ₁ m	Sc ₂ m
1	1	0,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	7/3	8/3	3,91	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,193354	0,1934
2	1	1,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	11,73	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,120947	0,3143
3	1	2,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	19,55	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,091799	0,4061
4	1	3,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	27,37	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,074808	0,4809
5	1	4,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	35,19	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,063418	0,5443
6	1	5,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	43,01	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,055166	0,5995
7	1	6,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	50,83	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,048879	0,6484
8	1	7,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	58,65	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,043913	0,6923
9	1	8,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	66,47	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,039884	0,7322
10	1	9,5	15,29	17,82	7,82	12,3	9,2	35,2	1,227	74,29	0,5	45,8700	0,357	1,04	0,036545	0,7687

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.28 Perhitungan Preloading Dengan Beban Setinggi 4 meter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
No.	Hi timb (m)	z (m)	Yambunan Kv/m ³	Isat Kv/m ³	Y _{sat} - 10 Kv/m ³	a m	b m	a/z 7/3	b/z 8/3	Po' 6 x 3	I dari grafik	Delta P	Cc	eo	Scl m	Sc m
1	1	0.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	3.91	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.2137	0.214
2	1	1.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	11.73	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.1388	0.353
3	1	2.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	19.95	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.1078	0.460
4	1	3.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	27.37	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0892	0.550
5	1	4.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	35.19	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0766	0.636
6	1	5.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	43.01	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0672	0.693
7	1	6.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	50.83	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.06	0.753
8	1	7.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	58.65	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0543	0.808
9	1	8.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	66.47	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0496	0.857
10	1	9.5	15.29	17.82	7.82	12.3	32.1	1.64	4.28	74.29	0.5	61.1600	0.357	1.04	0.0456	0.903

Sumber : Perhitungan

Tabel 5.29 Perhitungan Preloading Dengan Beban Setinggi 5 meter.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
No.	Hi timb (m)	z (m)	Yembunan isak lapiisan Kn/m ³	Kn/m ³	Y ^r K _{sat} -10	a m	b m	a ² 7/3	b ² 10/3	Pa ² 11/3	Pa ² 12/3	Debit air Q	Cu	Cu	40	47	50
1	1	0,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	3,31	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,219752	0,2290
2	1	1,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	11,79	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,153213	0,3621
3	1	2,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	18,15	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,1129427	0,5240
4	1	3,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	24,13	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,100326	0,6453
5	1	4,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	30,19	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,087345	0,6881
6	1	5,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	36,11	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,077829	0,7787
7	1	6,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	42,03	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,069762	0,8405
8	1	7,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	48,25	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,063418	0,9629
9	1	8,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	54,47	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,058163	0,9621
10	1	9,5	15,29	17,82	7,82	15,3	29	2,04	3,067	60,19	0,428	36,4280	0,257	0,257	1,84	0,053777	1,0159

Sumber : Perhitungan

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Setelah analisa dan perhitungan pada bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan metode hidrograf sintetik Nakayasu diperoleh $Q_{pmf} = 1294,4 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan tinggi muka air banjir 1,5 m dari elevasi mercu +110,0. Sehingga elevasi banjir = +111,5 m.
2. Faktor keamanan bendungan lereng 1 : 1,5 tanpa *cutoff trench* $F_s = 1,24$. Desain *cutoff* dapat meningkatkan faktor keamanan pada bendungan lereng yang sama, yaitu $F_s = 1,46$.
3. Kestabilan pada bendungan dengan lereng 1 : 3 dengan *cutoff trench* di hulu mempunyai $F_s = 1,5$
4. Pemancangan PVD dengan jarak $s = 1,05 \text{ m}$ pada pondasi tubuh bendungan dapat mempercepat konsolidasi menjadi 5 minggu untuk mencapai konsolidasi U90%.
5. Biaya pembangunan tubuh bendungan dengan *cutoff trench* dan perbaikan pondasi dengan PVD yaitu Rp 76.876.608.742,-



Halaman ini sengaja dikosongkan

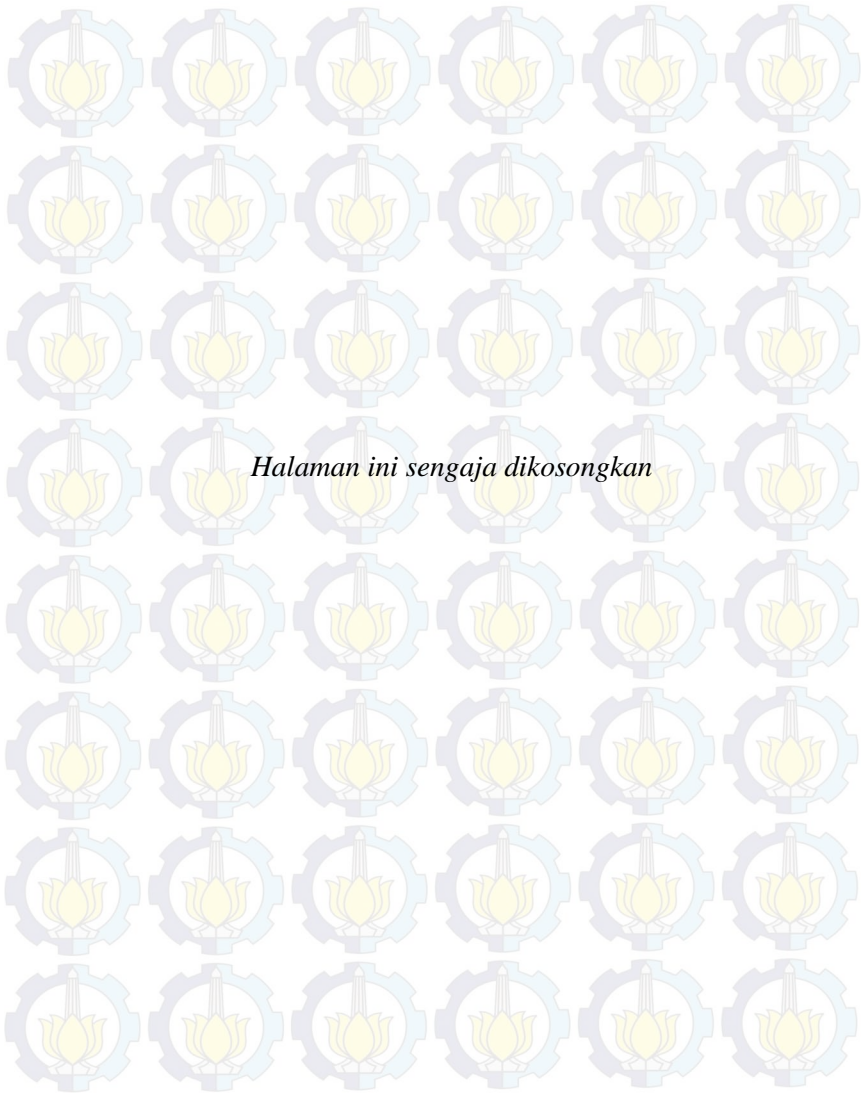
BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Setelah analisa dan perhitungan pada bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan metode hidrograf sintetik Nakayasu diperoleh $Q_{pmf} = 1294,4 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan tinggi muka air banjir 1,5 m dari elevasi mercu +110,0. Sehingga elevasi banjir = +111,5 m.
2. Faktor keamanan bendungan lereng 1 : 1,5 tanpa *cutoff trench* $F_s = 1,24$. Desain *cutoff* dapat meningkatkan faktor keamanan pada bendungan lereng yang sama, yaitu $F_s = 1,46$.
3. Kestabilan pada bendungan dengan lereng 1 : 3 dengan *cutoff trench* di hulu mempunyai $F_s = 1,5$
4. Pemancangan PVD dengan jarak $s = 1,05 \text{ m}$ pada pondasi tubuh bendungan dapat mempercepat konsolidasi menjadi 5 minggu untuk mencapai konsolidasi U90%.
5. Biaya pembangunan tubuh bendungan dengan *cutoff trench* dan perbaikan pondasi dengan PVD yaitu Rp 76.876.608.742,-



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Nadjadji.2012. *Rekayasa Sumber Daya Air*. Surabaya : ITS Press
- Bureau of Reclamation. *Design of Small Dams*.
Ceteau. *Manual Design Ceteau PVD*.
- Hardiyatmo, Hary C.2010. *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada University Press
- Kamiana, I Made.2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Jakarta : Graha Ilmu
- PD-T 2004-A *tentang Analisa Bendungan Urugan Akibat Gempa*
- Soedibyo.1993. *Teknik Bendungan*.Jakarta : Pradnya Paramita
- Soesanto, Soekibat Roedy dan Abdullah Hidayat. *Handout Waduk dan PLTA*
- Sosrodarsono, Suyono.2002. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta : Pradnya Paramita
- Teknika Cipta Konsultan.2007. *Laporan Data Teknis Perencanaan Bendungan Marangkayu*.
- Tjie-liong, Gouw.2010. *Handout Prakompresi dengan Vertikal Drain Sintetik*. Jakarta
- Wahyudi, Herman.1997. *Diktat Teknik Reklamasi*.
- Yaqien, Ainul. 2014. *Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) Bendungan Marangkayu, Kab. Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur*. Surabaya.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 18 Pebruari 1983, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita, SDN 1 Sedayu, SMPN 1 Turen, dan SMAN 1 Kepanjen. Setelah lulus dari SMAN 1 Kepanjen tahun 2001, penulis meneruskan pendidikan di Politeknik Negeri Malang dan melanjutkan pendidikan S1 di Lintas Jalur S1 Jurusan Teknik Sipil ITS. Di

Jurusan Teknik Sipil ini, penulis mengambil Tugas Akhir di bidang Hidroteknik.

Penulis pernah bekerja di Konsultan Supervisi Pembangunan Jalan SNVT Malinau - Mansalong Kabupaten Malinau, Konsultan Manajemen Pembangunan Sarana dan Prasarana Air Bersih Sistem IPA Sangata Kabupaten Kutai Timur dan Konsultan Supervisi Pembangunan Bendungan Marangkayu Kecamatan Marangkayu Kabupaten Kutai Kertanegara.

Penulis dapat dihubungi dengan alamat email : otratnug@gmail.com

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1985

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	6,2	8,2	x	x	x	x	1,2	T	x	3,6	23,5	x
2	20,6	4,3	1,0	9,6	x	x	x	x	x	0,5	1,0	x
3	14,5	x	x	1,6	x	x	x	0,7	2,3	x	x	0,3
4	43,0	x	x	x	0,2	2,6	14,1	1,6	x	x	2,9	x
5	x	x	0,3	2,8	55,2	x	x	14,5	x	23,0	5,6	8,2
6	1,2	x	0,6	x	x	12,7	24,9	x	x	45,1	x	4,3
7	1,8	1,9	4,0	0,3	x	5,1	12,7	x	x	x	5,8	11,8
8	17,8	3,8	34,6	x	x	5,5	x	x	x	x	1,2	28,3
9	1,0	0,8	7,3	12,1	x	x	x	x	8,9	x	x	x
10	0,5	0,3	1,3	60,6	1,3	0,9	2,5	0,8	3,0	x	3,3	12,9
11	12,3	x	x	1,2	x	x	1,0	10,2	x	x	3,2	52,2
12	38,6	x	2,0	3,5	1,2	x	x	x	5,1	x	39,3	40,5
13	12,9	5,2	34,1	0,8	10,6	1,9	x	21,5	x	x	6,2	1,2
14	x	80,2	x	1,2	3,6	10,0	3,0	x	x	1,2	0,5	x
15	1,0	0,3	2,1	3,8	0,3	3,7	x	x	4,6	x	x	x
16	x	x	x	0,3	1,4	x	7,0	x	x	x	x	x
17	x	x	4,3	12,8	9,4	2,6	2,5	x	12,4	x	x	x
18	12,5	x	3,5	1,0	4,2	x	1,9	x	0,2	x	x	0,7
19	x	x	4,9	18,4	77,5	x	23,3	x	0,8	18,2	x	0,9
20	8,6	5,4	6,5	3,7	x	x	x	24,0	17,8	7,0	16,9	1,4
21	16,2	x	x	x	2,7	x	x	3,7	19,0	x	4,7	2,5
22	x	x	3,0	x	8,3	0,3	2,3	0,6	5,7	4,5	2,0	x
23	x	1,0	x	0,4	24,4	x	x	x	4,3	x	81,5	28,5
24	11,5	3,0	7,5	x	x	x	0,7	x	x	1,0	x	x
25	x	2,0	x	13,4	6,2	3,5	x	4,0	2,1	22,7	18,6	x
26	x	x	x	4,5	1,4	31,7	2,7	105,6	x	7,6	1,5	14,4
27	x	x	1,9	0,8	8,2	6,1	2,0	x	x	4,0	18,1	x
28	1,8	30,1	0,4	x	0,2	x	1,7	3,9	1,1	x	5,0	29,2
29	1,3	x	6,3	x	x	x	19,0	32,0	x	1,0	1,2	x
30	5,4	x	x	6,4	1,1	x	4,5	x	12,5	0,2	13,2	0,5
31	x	x	0,5	x	23,6	x	x	x	x	1,2	x	18,2
Dasarian :												
01-10	76,6	19,3	48,5	85,4	56,7	26,9	55,4	17,6	14,2	72,2	43,3	65,8
11-20	85,9	91,1	57,4	46,7	108,2	18,2	38,7	55,7	40,9	26,4	66,1	96,9
21-31	36,2	36,1	19,6	25,5	76,1	41,6	32,9	149,8	44,7	42,2	145,8	93,3
Bulanan :												
Jumlah	198,7	146,5	125,5	157,6	241,0	86,7	127,0	223,1	99,8	140,8	255,2	256,0
Max.	38,6	80,2	34,6	60,6	77,5	31,7	24,9	105,6	19,0	45,1	81,5	52,2
Rata-rata	6,4	5,2	4,0	5,3	7,8	2,9	4,1	7,2	3,3	4,5	8,5	8,3
Hari hujan	20	14	19	20	20	13	18	13	15	15	21	18

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2057,9

Max. 105,6

Hari hujan 206

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1986

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	3.4	11.3	19.1	x	x	x	8.3	16.1	x	x	4.4	x
2	1.0	58.0	x	7.0	3.7	x	15.6	x	0.3	38.6	26.8	2.9
3	x	3.0	x	5.0	5.3	x	1.1	x	x	3.9	1.2	5.6
4	4.6	6.5	0.8	33.6	x	8.0	x	x	21.7	0.1	0.7	x
5	x	x	x	31.0	9.6	2.6	3.5	1.5	x	x	17.8	1.6
6	x	x	40.4	x	6.0	2.0	x	x	4.0	x	20.3	1.0
7	x	40.6	7.2	6.4	4.8	1.1	x	x	2.3	x	7.4	x
8	x	22.6	x	19.4	x	10.5	2.0	x	1.3	13.4	8.6	x
9	x	x	5.6	18.4	14.1	4.5	x	x	21.4	x	x	2.3
10	25.9	6.8	4.5	10.7	35.1	21.0	x	x	x	2.8	14.9	26.1
11	24.4	9.0	0.2	x	27.6	37.5	45.0	x	22.0	12.4	x	40.6
12	25.3	3.5	15.0	23.6	23.7	4.2	85.7	0.4	x	x	1.2	x
13	x	1.1	16.5	23.0	4.5	x	x	2.4	x	x	7.7	24.6
14	22.1	x	11.5	21.6	x	x	15.1	x	x	3.1	26.2	x
15	x	3.4	11.5	0.4	62.5	x	31.2	x	x	36.2	12.5	x
16	x	x	0.2	0.8	0.3	54.7	42.4	0.9	x	2.4	x	0.9
17	0.9	x	0.3	34.2	1.7	2.6	x	x	x	x	x	x
18	x	x	2.8	7.5	1.2	24.7	x	x	x	4.0	x	2.7
19	3.9	9.3	3.7	1.5	x	x	0.6	x	x	16.4	x	x
20	4.0	0.9	4.2	x	x	x	x	x	x	1.9	x	x
21	0.4	23.6	39.6	5.5	5.7	0.6	x	x	x	10.1	37.9	5.8
22	x	4.6	18.2	x	x	x	34.0	x	x	x	3.6	x
23	x	x	0.9	24.3	x	3.3	46.5	x	x	52.6	4.6	x
24	1.0	x	x	x	x	x	2.0	x	9.9	14.0	0.9	5.2
25	x	5.9	16.2	x	x	3.2	x	x	x	2.2	x	x
26	x	x	2.2	x	x	x	52.7	x	x	x	4.8	x
27	10.0	4.6	1.3	x	2.0	x	x	x	x	x	x	x
28	5.0	x	0.2	0.4	x	x	15.9	1.4	4.8	20.6	1.2	72.0
29	4.0	x	0.4	x	x	x	4.9	x	11.5	1.6	x	0.1
30	17.7	x	1.2	10.6	0.8	10.8	x	2.8	x	1.0	1.4	13.0
31	27.7	x	1.9	x	x	x	x	x	x	0.3	x	x
Dasarian :												
01-10	34.9	148.8	77.6	131.5	78.6	49.7	30.5	17.6	51.0	58.8	102.1	39.5
11-20	80.6	27.2	65.9	112.7	121.5	123.7	220.0	3.7	22.0	76.4	47.6	68.8
21-31	65.8	38.7	82.1	40.8	8.5	17.9	156.0	4.2	26.2	102.4	54.4	96.1
Bulanan :												
Jumlah	181.3	214.7	225.6	285.0	208.6	191.3	406.5	25.5	99.2	237.6	204.1	204.4
Max.	27.7	58.0	40.4	34.2	62.5	54.7	85.7	16.1	22.0	52.6	37.9	72.0
Rata-rata	5.8	7.7	7.3	9.5	6.7	6.4	13.1	0.8	3.3	7.7	6.8	6.6
Hari hujan	17	17	26	20	17	16	17	7	10	20	20	15

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2483.8

Max. 85.7

Hari hujan 202

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1987

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	13.0	23.7	0.0	x	5.1	22.3	8.3	0.6	x	10.6	0.7	x
2	x	18.9	x	5.4	x	0.0	0.6	2.9	x	x	0.0	6.5
3	x	32.1	x	0.4	5.7	0.0	0.2	0.9	x	0.0	x	0.0
4	52.3	0.0	x	x	48.0	30.7	x	x	x	73.2	16.2	0.8
5	x	7.2	x	39.4	6.4	x	x	x	x	x	0.6	x
6	x	35.7	x	7.9	10.4	0.3	5.2	x	x	x	32.2	x
7	9.2	1.0	x	5.6	24.2	5.0	7.7	2.7	x	3.4	x	6.5
8	0.0	x	1.3	12.1	0.0	x	34.2	29.8	x	x	3.4	3.4
9	x	15.7	x	x	10.2	x	9.0	x	x	x	0.0	0.0
10	x	4.4	x	31.7	11.7	x	x	x	x	x	39.2	x
11	6.3	28.0	x	x	0.0	54.8	x	0.0	x	0.0	17.6	x
12	24.6	73.8	x	4.0	4.3	1.3	x	0.4	x	7.3	12.1	0.6
13	2.5	x	x	0.0	x	x	x	x	x	0.0	x	11.1
14	4.3	x	0.0	0.0	5.4	0.0	x	x	x	x	17.5	80.5
15	x	3.0	1.6	x	13.0	0.0	x	x	x	x	x	0.7
16	x	x	27.9	8.0	x	x	x	1.9	x	1.0	x	0.2
17	64.4	4.6	x	4.3	4.2	x	x	x	x	0.2	15.6	0.0
18	0.0	12.0	29.8	x	x	x	0.0	3.7	x	1.1	x	x
19	x	13.3	x	x	16.9	x	x	x	0.2	0.1	17.3	16.7
20	15.4	0.1	5.2	0.0	0.0	x	x	0.0	x	0.0	2.1	10.7
21	4.0	x	24.8	4.6	4.0	4.8	x	x	x	x	3.2	26.4
22	60.0	x	x	1.6	x	x	1.6	x	x	x	x	x
23	x	1.2	x	x	0.2	x	x	0.0	0.0	x	7.1	0.9
24	x	1.9	x	0.3	0.0	19.0	x	2.5	0.1	20.5	x	5.6
25	x	0.6	x	x	x	x	x	4.9	1.6	18.5	19.6	22.4
26	x	x	x	x	9.2	x	x	x	36.0	22.7	0.3	2.4
27	1.0	x	x	6.0	24.0	x	x	x	x	x	40.2	22.2
28	0.0	1.6	x	7.1	x	6.5	0.0	x	0.1	x	0.0	5.9
29	x	0.0	x	4.5	x	x	5.0	29.4	0.0	3.5	0.4	x
30	x	0.0	x	x	x	0.0	0.0	x	0.4	12.6	11.8	0.0
31	3.0	0.0	x	x	x	x	0.0	x	x	28.8	x	37.1
Dasarian :												
01-10	74.5	138.7	1.3	102.5	121.7	58.3	65.2	36.9	0.0	87.2	92.3	17.2
11-20	117.5	134.8	64.5	16.8	43.8	56.1	0.0	6.0	0.2	9.7	82.2	120.5
21-31	68.0	5.3	24.8	24.1	37.4	30.3	6.6	36.8	38.2	106.6	73.6	122.9
Bulanan :												
Jumlah	260.0	278.8	90.6	143.4	202.9	144.7	71.8	79.7	38.4	203.5	248.1	260.6
Max.	64.4	73.8	29.8	39.4	48.0	54.8	34.2	29.8	36.0	73.2	40.2	80.5
Rata-rata	8.4	10.0	2.9	4.8	6.5	4.8	2.3	2.6	1.3	6.6	8.3	8.4
Hari hujan	16	23	8	19	21	14	13	14	8	18	22	23

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2022.5

Max. 80.5

Hari hujan 199

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1988

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	6,2	x	x	0,0	17,0	0,1	0,4	x	37,1	1,2	0,0	15,4
2	x	14,2	x	28,8	x	16,0	0,0	8,6	0,5	3,6	2,0	0,0
3	80,5	0,0	14,8	7,9	46,9	45,2	7,7	0,4	2,4	2,2	x	15,7
4	89,0	0,0	0,0	1,7	24,0	40,0	0,3	x	x	2,4	x	0,0
5	0,2	10,8	50,0	x	0,5	x	3,0	x	0,8	x	0,0	17,5
6	62,3	7,0	0,7	x	x	5,6	4,2	1,6	x	0,4	9,6	0,7
7	13,9	2,0	2,6	0,0	0,9	25,6	4,0	1,4	36,0	0,0	1,1	x
8	18,1	0,0	x	3,3	20,5	3,8	0,6	15,6	11,7	1,8	1,2	x
9	7,9	x	1,3	3,6	5,9	x	14,6	0,0	0,0	5,6	0,7	3,3
10	0,0	0,2	0,0	x	5,6	x	4,0	0,8	14,3	x	0,0	46,8
11	x	0,0	0,0	x	2,3	x	0,4	7,6	x	0,5	0,8	0,0
12	5,2	4,0	5,9	x	6,4	0,3	2,1	14,2	2,2	2,4	1,0	x
13	x	4,8	1,1	x	25,6	3,6	1,6	37,3	17,8	x	3,0	x
14	x	22,3	x	9,4	0,6	0,7	24,2	15,6	x	13,7	0,3	17,1
15	x	6,1	0,1	2,4	11,5	x	0,2	12,5	1,6	25,1	0,5	38,7
16	x	16,8	44,5	5,3	24,6	0,0	3,4	6,5	16,4	0,3	0,6	0,0
17	x	41,2	5,4	x	1,7	x	x	7,4	12,4	x	15,2	x
18	x	4,3	x	x	108,9	1,3	x	1,8	x	0,8	x	13,0
19	2,4	8,9	x	x	5,1	0,7	25,6	17,4	x	0,0	4,1	0,0
20	0,4	0,4	0,1	0,0	8,2	0,0	0,0	19,1	0,4	x	27,8	x
21	0,0	x	4,7	x	0,0	x	0,4	0,0	0,7	x	x	11,0
22	6,9	x	12,4	x	7,5	x	x	8,6	1,4	x	72,0	7,0
23	20,9	x	x	0,3	3,0	0,1	0,0	6,9	6,9	x	20,8	10,3
24	12,1	x	40,0	x	80,0	0,1	4,2	6,7	23,0	x	0,0	0,0
25	23,3	x	4,0	13,7	8,5	x	0,0	0,6	0,0	x	0,0	0,5
26	0,1	x	27,5	0,0	0,0	21,5	x	17,8	x	x	52,4	x
27	0,0	x	x	7,8	0,4	x	7,8	8,1	0,0	8,6	5,8	3,9
28	x	x	7,6	x	7,5	2,5	x	27,8	x	0,0	17,0	0,0
29	x	x	x	x	9,0	0,2	x	10,8	0,0	85,4	17,4	7,9
30	x	x	4,7	0,0	x	7,5	x	19,1	0,3	5,6	x	x
31	x	x	x	x	x	x	11,0	4,4	x	x	x	1,5
Dasarian :												
01-10	278,1	34,2	69,4	45,3	120,4	136,1	38,8	28,4	102,8	17,2	14,6	99,4
11-20	8,0	108,8	57,1	17,1	794,9	6,6	57,5	139,4	50,8	42,8	53,3	68,8
21-31	63,3	0,0	100,9	21,8	115,9	31,9	23,4	110,8	32,3	99,6	185,4	42,1
Bulanan :												
Jumlah	349,4	143,0	227,4	84,2	431,2	174,6	119,7	278,6	185,9	159,6	253,3	210,3
Max.	89,0	41,2	50,0	28,8	108,9	45,2	25,6	37,3	37,1	85,4	72,0	46,8
Rata-rata	11,3	5,1	7,3	2,8	13,9	5,8	3,9	9,0	6,2	5,1	8,4	6,8
Hari hujan	19	18	21	16	27	20	24	28	22	19	25	23

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2617,2

Max. 108,9

Hari hujan 262

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1989

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	22.3	7.0	0.0	x	45.5	x	x	0.6	0.1	x	x
2	x	x	0.0	x	0.0	0.2	x	x	7.7	8.0	26.5	x
3	x	x	0.0	8.6	0.0	0.5	1.6	17.0	0.2	x	8.0	0.1
4	x	4.9	15.0	4.8	x	x	3.4	6.0	0.0	0.7	13.0	x
5	x	0.8	6.4	14.0	x	x	x	x	x	14.5	4.0	x
6	x	15.0	9.5	22.9	3.9	2.0	x	0.0	53.3	x	61.2	97.3
7	x	11.1	36.1	0.0	2.6	9.0	4.6	2.6	0.0	5.0	x	1.6
8	x	25.1	3.0	x	4.8	x	0.0	x	x	1.4	29.6	3.0
9	3.8	3.0	x	6.8	9.1	x	0.3	4.9	5.2	x	0.0	15.3
10	17.4	0.7	x	1.4	10.1	0.4	20.6	9.1	x	x	13.7	0.0
11	0.3	71.9	27.8	13.6	0.0	17.3	0.2	1.3	x	0.0	x	x
12	0.0	x	0.0	0.0	29.7	1.3	5.7	0.0	x	1.0	5.1	8.0
13	8.3	x	4.3	12.6	0.4	0.6	6.2	x	x	13.7	5.3	x
14	x	2.3	x	x	x	10.3	1.2	19.3	2.2	x	x	x
15	4.1	5.0	3.6	29.2	x	0.0	0.0	0.0	x	12.5	6.8	3.0
16	x	6.4	1.0	29.6	x	0.0	1.2	8.7	6.6	x	33.4	0.0
17	x	50.7	0.0	13.1	1.2	21.5	12.4	x	0.0	0.0	x	x
18	1.6	0.0	40.0	x	x	0.0	0.8	x	25.9	1.3	19.2	x
19	0.0	3.8	4.5	7.8	x	x	x	2.3	4.0	x	9.9	x
20	0.0	x	25.8	x	5.0	2.4	14.7	54.0	7.4	0.0	x	0.0
21	38.6	x	x	x	x	x	10.4	0.0	2.8	23.7	17.8	x
22	36.0	21.2	6.3	x	0.0	5.5	x	12.0	4.0	0.0	11.4	22.9
23	37.2	4.7	x	x	x	0.7	36.7	0.0	17.4	0.0	0.1	x
24	5.5	0.2	7.0	x	x	20.7	x	22.5	0.3	2.3	0.5	2.1
25	0.1	0.4	x	x	x	0.0	x	x	2.9	29.5	27.2	0.0
26	9.2	0.0	11.9	8.0	14.3	4.5	1.0	16.3	x	7.7	4.2	0.9
27	7.1	14.5	x	10.6	x	22.3	0.0	0.8	x	3.5	2.4	2.2
28	x	0.0	6.4	76.9	x	3.0	2.7	37.6	1.4	3.4	x	42.2
29	5.4		5.3	0.0	x	0.4	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	x
30	15.4		1.8	4.5	1.5	0.6	x	2.4	0.6	0.0	x	0.0
31	7.2		0.0		11.0		x	x		0.5		x
Dasarian :												
01-10	21.2	82.9	77.0	58.5	30.5	57.6	30.5	39.6	67.0	29.7	156.0	117.3
11-20	14.3	140.1	107.0	105.9	36.3	53.4	42.4	35.6	46.1	28.5	79.7	11.0
21-31	161.7	41.0	38.7	100.0	26.8	57.7	69.2	91.6	29.4	70.6	63.6	70.3
Bulan :												
Jumlah	197.2	264.0	222.7	264.4	93.6	168.7	142.1	216.8	142.5	128.8	299.3	198.6
Max.	38.6	71.9	40.0	76.9	29.7	45.5	36.7	54.0	53.3	29.5	61.2	97.3
Rata-rata	6.4	9.4	7.2	3.8	3.0	5.6	4.6	7.0	4.8	4.2	10.0	6.4
Hari hujan	19	22	24	20	16	24	21	22	21	24	22	17

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2338.7

Max. 97.3

Hari hujan 252

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1990

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	8,6	0,0	0,4	1,0	3,0	2,6	1,1	0,4	x	0,0	0,7	4,2
2	8,3	x	8,2	7,5	0,9	3,1	0,2	x	x	x	5,6	x
3	1,0	x	0,0	0,0	0,1	x	x	16,3	x	0,8	6,4	14,6
4	0,2	18,3	x	x	7,0	13,4	x	11,9	x	4,6	x	26,0
5	32,7	0,6	28,7	4,2	15,3	x	x	26,0	x	x	21,8	9,5
6	0,6	x	29,2	0,0	64,0	2,1	12,7	x	27,3	x	0,1	19,6
7	0,8	x	14,5	0,0	27,0	25,0	25,7	x	24,0	x	11,2	1,0
8	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	x	3,4	x	x	x	7,6
9	9,6	1,0	x	x	x	36,0	0,0	x	0,5	x	x	36,4
10	0,0	0,0	0,0	x	1,1	0,0	0,0	4,0	x	x	16,8	x
11	40,5	x	x	x	1,7	x	15,0	4,5	0,0	x	24,7	0,2
12	x	x	x	6,4	14,5	x	0,2	x	8,0	x	x	x
13	x	0,0	x	24,7	44,3	11,2	2,4	x	x	x	9,2	x
14	x	x	x	15,7	63,2	x	0,5	x	x	0,0	x	15,6
15	12,0	x	x	0,8	x	x	32,0	x	x	0,6	0,0	4,1
16	2,4	x	x	x	4,6	x	8,4	x	x	18,0	4,6	0,0
17	10,9	0,0	x	1,0	0,1	x	12,2	x	x	x	x	7,0
18	0,6	0,0	x	x	x	x	3,9	x	x	1,0	x	0,0
19	31,3	0,0	x	0,0	x	0,0	x	x	0,3	31,2	x	0,0
20	x	0,0	0,4	x	45,4	15,3	2,7	x	2,0	0,2	0,0	x
21	x	x	x	x	x	0,0	x	8,6	5,2	10,2	0,6	5,0
22	1,5	0,0	7,5	x	17,0	1,5	4,8	x	1,8	29,0	18,1	0,0
23	x	x	x	2,2	x	0,4	1,0	x	4,0	5,1	1,8	x
24	x	2,4	0,0	x	6,6	29,0	x	x	18,5	8,6	x	3,5
25	0,0	x	1,6	x	x	x	0,7	0,6	6,9	6,9	x	0,0
26	5,1	x	4,0	x	2,8	13,7	0,6	46,0	39,3	36,3	7,9	0,0
27	2,1	x	4,8	1,3	x	0,3	0,0	x	x	0,0	1,2	x
28	x	77,0	x	x	x	3,9	x	x	89,4	x	x	x
29	84,3	x	0,0	x	9,0	x	4,7	x	0,0	33,2	1,2	x
30	x	x	5,6	9,0	75,2	0,0	16,7	x	0,0	28,6	12,2	x
31	x	x	6,5	x	0,0	x	0,3	x	x	0,0	x	10,7
Dasarian :												
01-10	61,8	19,9	85,0	12,7	118,4	82,2	39,7	62,0	51,8	5,4	62,6	118,9
11-20	97,7	0,0	0,4	48,6	173,8	26,5	77,3	4,5	10,3	51,0	38,5	26,9
21-31	93,0	79,4	30,0	12,5	110,6	48,8	28,8	55,2	159,1	157,9	43,0	19,2
Bulanan :												
Jumlah	252,5	99,3	115,4	73,8	402,8	157,5	145,8	121,7	221,2	214,3	144,1	165,0
Max.	84,3	77,0	29,2	24,7	75,2	36,0	32,0	46,0	89,4	36,3	24,7	36,4
Rata-rata	8,1	3,5	3,7	2,5	13,0	5,3	4,7	3,9	7,4	6,9	4,8	5,3
Hari hujan	21	14	17	16	22	19	23	10	16	19	19	21

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2113,4

Max. 89,4

Hari hujan 217

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1991

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1		13.2	x	0.0	35.0	0.6	x	x	21.2	3.0	0.1	6.6
2	x	22.0	x	6.0	7.3	12.0	x	x	0.5	x	0.0	33.8
3	x	2.6	x	5.0	x	11.4	10.5	x	x	0.7	x	1.0
4	x	x	x	1.0	x	3.0	0.3	x	x	x	x	x
5	x	17.2	1.5	x	9.4	4.4	3.0	x	x	x	x	x
6	x	x	19.0	x	1.1	0.0	x	x	x	x	x	x
7	7.8	45.2	x	3.4	105.3	0.0	0.9	14.0	x	1.7	55.9	6.2
8	18.8	x	x	4.8	24.1	2.3	0.2	0.0	x	x	16.2	x
9	0.0	6.3	0.6	0.9	0.0	55.9	0.2	16.4	x	46.5	x	x
10	0.0	4.7	0.0	x	1.9	1.7	x	0.0	x	x	2.2	0.7
11	x	x	7.9	x	x	x	x	x	x	x	x	51.2
12	16.3	11.8	16.7	x	1.0	x	x	x	x	0.7	32.8	x
13	x	5.6	9.7	1.6	0.0	x	x	0.1	x	6.4	0.0	x
14	x	0.0	0.0	1.0	0.0	x	1.2	1.9	x	0.3	x	x
15	x	0.5	x	x	0.0	x	x	x	x	5.9	7.0	x
16	2.4	15.7	40.5	x	6.8	x	x	x	x	2.3	30.7	x
17	x	x	8.3	14.2	0.0	x	x	x	x	0.5	23.4	x
18	1.0	1.8	x	6.6	7.1	0.4	0.7	x	x	-	4.0	x
19	0.0	1.7	81.3	5.5	0.1	x	x	x	x	1.3	x	x
20	2.4	2.8	3.6	15.9	0.5	x	x	x	0.0	10.9	x	x
21	2.1	x	x	9.9	3.4	1.3	x	x	6.5	x	x	x
22	0.5	6.0	1.7	x	2.2	x	x	x	0.0	x	5.0	x
23	0.1	x	31.4	5.5	2.0	14.5	x	15.5	x	x	7.0	x
24	21.7	x	1.1	x	0.1	2.2	x	0.0	x	x	35.2	42.5
25	0.4	x	x	2.6	41.5	x	x	x	x	0.7	2.4	32.7
26	0.0	x	x	8.1	20.0	3.1	x	x	x	x	15.4	5.3
27	14.4	1.9	0.4	x	0.0	x	1.2	x	0.0	x	0.4	x
28	7.7	x	x	28.5	16.4	0.0	x	x	x	x	0.0	7.4
29	12.2	x	3.2	2.0	2.3	0.0	x	x	x	x	0.0	0.5
30	6.0	x	3.9	x	30.5	x	x	x	x	0.0	48.7	5.2
31	37.4	x	5.8	x	1.4	x	x	x	x	0.0	x	x
Dasarian :												
01-10	26.6	111.2	21.1	21.1	184.1	91.3	15.1	30.4	21.7	51.9	74.4	48.3
11-20	22.1	39.9	168.0	44.8	15.5	0.4	1.9	2.0	0.0	28.3	97.9	51.2
21-31	102.5	7.9	47.5	56.6	89.3	21.1	1.2	15.5	6.5	0.7	107.1	93.6
Bulanan :												
Jumlah	151.2	159.0	236.6	122.5	288.9	112.8	18.2	47.9	28.2	80.9	279.4	193.1
Max.	37.4	45.2	81.3	28.5	105.3	55.9	10.5	16.4	21.2	46.5	55.9	51.2
Rata-rata	4.9	5.7	7.6	4.1	9.3	3.8	0.6	1.5	0.9	2.6	9.3	6.2
Hari hujan	20	17	19	19	28	17	9	8	6	15	19	12

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1718.7

Max. 105.3

Hari hujan 189

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1992

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	x	0.2	4.9	5.4	0.6	0.3	11.7	x	0.0	0.0
2	x	x	2.3	6.5	0.0	x	8.8	0.0	x	x	1.8	x
3	x	0.0	17.8	x	28.7	1.0	0.0	x	21.5	x	x	6.4
4	x	1.0	x	x	0.8	4.2	46.9	x	x	x	0.3	34.1
5	x	x	0.3	x	x	0.9	0.0	x	32.9	x	28.3	2.8
6	1.6	x	2.2	x	17.3	7.3	0.3	0.4	x	0.6	26.1	6.3
7	0.0	x	x	x	0.9	0.3	0.0	8.2	0.0	6.4	2.8	0.0
8	x	x	0.0	3.4	x	4.5	0.8	x	3.4	5.3	32.6	x
9	12.4	x	x	25.6	9.2	1.7	3.5	x	0.7	2.5	0.2	1.0
10	x	x	x	34.7	3.6	1.5	6.1	6.2	0.0	7.7	1.7	x
11	1.2	0.4	0.0	x	x	3.4	8.0	x	6.5	0.0	x	x
12	0.0	0.2	x	2.0	x	0.0	x	3.5	x	x	x	x
13	x	0.0	x	5.6	x	1.2	0.0	0.0	24.8	x	1.8	12.2
14	0.9	x	x	x	0.0	0.0	x	0.0	x	x	4.9	0.1
15	0.2	16.6	x	x	32.4	56.1	0.1	0.0	x	x	x	8.0
16	11.6	x	x	0.0	x	0.0	x	x	2.0	4.5	1.7	0.1
17	6.9	22.8	x	0.0	x	94.3	13.5	0.1	27.0	12.0	x	14.9
18	0.7	0.0	x	30.0	x	x	0.0	x	8.6	0.0	0.0	0.0
19	x	x	x	9.3	x	x	3.5	x	6.9	3.4	0.5	4.1
20	x	x	x	7.0	x	12.4	2.0	x	0.0	28.8	x	x
21	0.0	x	x	x	x	x	4.5	x	17.2	x	0.6	10.8
22	5.4	1.8	x	1.9	x	0.0	15.3	0.6	0.0	x	11.4	0.2
23	2.4	x	x	x	7.4	x	26.3	35.5	7.8	x	x	1.3
24	x	x	x	x	0.0	0.0	0.1	x	x	x	0.0	11.8
25	x	x	x	x	x	x	x	25.1	39.6	x	4.0	0.0
26	x	x	x	x	83.2	x	12.0	0.0	0.0	3.5	25.4	x
27	x	x	x	x	0.0	x	0.0	x	x	1.5	x	x
28	x	x	x	0.0	7.5	x	0.0	x	x	44.4	x	16.5
29	x	x	x	x	2.7	2.8	0.0	11.6	0.0	32.3	0.5	0.2
30	x	x	x	1.7	13.5	5.8	0.7	0.2	10.0	1.0	4.8	0.8
31	x	x	x	1.5	x	x	0.0	x	x	11.4	x	2.2
Dasarian :												
01-10	14.0	1.0	22.6	70.4	65.4	26.8	67.0	15.1	70.2	22.5	93.8	50.6
11-20	20.6	40.0	0.0	53.9	32.4	167.4	27.1	3.6	75.8	48.7	8.9	39.4
21-31	7.8	1.8	0.0	3.6	115.8	8.6	58.9	73.0	74.6	94.1	46.7	43.8
Bulanan :												
Jumlah	42.4	42.8	22.6	127.9	213.6	202.8	153.0	91.7	220.6	165.3	149.4	133.8
Max.	12.4	22.8	17.8	34.7	83.2	94.3	46.9	35.5	39.6	44.4	32.6	34.1
Rata-rata	1.4	1.5	0.7	4.3	6.9	6.8	4.9	3.0	7.4	5.3	5.0	4.3
Hari hujan	13	9	6	15	18	21	27	16	21	17	21	23

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1565.9

Max. 94.3

Hari hujan 207

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1993

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	x	2.0	x	x	1.3	x	1.3	x	x	0.8
2	x	x	1.5	10.0	30.4	4.5	x	21.5	2.1	5.0	x	0.0
3	1.2	x	1.7	x	1.4	5.8	x	x	0.0	x	0.0	0.0
4	x	18.1	5.1	4.3	x	x	28.2	x	x	x	x	5.0
5	x	0.0	0.0	1.5	x	2.4	x	x	1.4	0.0	0.0	5.4
6	x	1.5	13.7	0.0	x	2.0	x	0.0	21.1	x	15.4	x
7	x	0.0	0.0	6.3	x	x	3.2	x	x	x	1.5	0.0
8	x	2.6	19.8	x	1.4	0.6	0.4	x	0.0	0.0	x	0.0
9	0.0	0.0	x	x	x	36.8	0.1	x	x	x	0.0	2.4
10	x	21.0	0.6	x	31.6	x	6.5	x	15.0	13.5	4.0	x
11	x	0.0	x	0.4	31.3	x	x	x	x	0.6	0.0	x
12	0.8	90.2	19.3	30.6	3.1	4.0	x	5.2	x	5.8	1.0	33.2
13	0.0	x	29.2	1.8	x	x	x	x	x	0.0	21.0	3.0
14	x	x	x	x	9.5	x	x	x	2.0	10.0	1.9	9.0
15	14.3	x	x	x	26.7	19.0	x	x	15.7	x	2.0	0.0
16	0.8	23.5	3.4	17.5	1.0	x	x	x	5.8	1.0	7.5	x
17	18.3	x	2.8	1.8	x	16.6	x	x	1.0	18.8	19.0	13.0
18	0.0	3.0	x	x	x	0.2	x	2.3	0.7	0.5	2.3	3.7
19	15.8	0.0	x	1.3	6.5	0.0	x	21.7	1.0	0.9	x	1.0
20	15.0	12.6	0.0	0.0	1.1	x	0.2	x	1.1	x	3.1	x
21	x	x	5.8	x	0.4	42.0	1.5	0.0	x	x	6.1	9.0
22	1.8	x	x	x	x	5.8	2.9	x	x	0.7	x	11.3
23	19.3	13.9	x	x	x	0.0	x	x	x	x	x	x
24	0.0	0.3	x	x	3.3	29.7	x	x	x	x	x	x
25	1.6	x	x	x	1.0	40.4	x	x	x	0.0	3.3	17.3
26	x	0.4	x	x	32.3	11.6	x	x	x	55.6	12.5	10.3
27	x	x	43.1	x	7.5	x	x	x	0.0	10.0	24.4	x
28	x	x	2.3	2.8	9.5	7.0	x	16.0	23.8	x	1.0	0.0
29	x	x	16.8	18.8	7.5	4.0	4.4	x	x	x	x	22.8
30	x	x	0.6	25.4	10.0	0.0	x	45.9	0.0	0.0	0.0	75.3
31	x	x	x	x	12.9	x	40.5	0.8	x	x	x	0.0
Dasarian :												
01-10	1.2	43.2	42.4	24.1	64.8	52.1	39.7	21.5	40.9	18.5	20.9	13.6
11-20	65.0	129.3	54.7	53.4	79.2	39.8	0.2	29.2	27.3	37.6	58.3	62.9
21-31	22.7	14.6	68.6	47.0	84.4	140.5	49.3	62.7	23.8	66.3	47.3	146.0
Bulan :												
Jumlah	88.9	187.1	165.7	124.5	228.4	232.4	89.2	113.4	92.0	122.4	126.5	222.5
Max.	19.3	90.2	43.1	30.6	32.3	42.0	40.5	45.9	23.8	55.6	24.4	75.3
Rata-rata	2.9	6.7	5.3	4.2	7.4	7.7	2.9	3.7	3.1	3.9	4.2	7.2
Hari hujan	14	16	18	16	20	20	11	9	17	17	21	23

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1793.0

Max. 90.2

Hari hujan 202

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1994

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	14,4	x	x	16,0	6,8	0,0	2,9	x	x	0,5	0,6	3,6
2	1,6	4,1	18,0	0,0	39,7	0,4	x	x	x	1,7	8,6	1,9
3	4,3	3,8	1,0	0,4	0,6	12,9	x	x	x	14,8	x	x
4	x	0,8	x	12,2	7,6	1,0	9,0	x	x	32,1	x	12,1
5	9,1	28,3	9,8	10,2	24,9	1,2	x	x	x	x	2,0	x
6	x	2,4	x	4,1	0,8	25,2	x	0,7	x	0,0	x	7,5
7	0,0	5,0	44,7	13,0	16,6	1,3	x	x	x	15,0	x	20,0
8	70,8	x	1,4	5,8	x	0,2	x	0,0	x	x	x	30,6
9	1,7	1,0	1,6	20,4	28,0	2,3	x	19,0	42,0	x	x	9,4
10	0,0	25,8	1,8	-	0,0	74,3	x	0,0	x	4,7	x	x
11	1,0	3,8	7,1	18,0	44,1	10,8	0,0	8,7	x	0,0	x	x
12	0,0	12,0	3,0	8,4	0,6	4,8	61,5	x	x	2,0	0,6	13,5
13	8,0	9,8	0,3	0,3	10,0	6,0	x	0,0	x	21,6	3,0	x
14	0,7	16,7	32,5	8,0	x	x	x	7,1	x	4,6	1,5	x
15	49,2	x	4,8	0,0	1,0	8,0	x	x	x	0,0	0,3	141,8
16	x	x	80,1	1,1	5,4	x	x	0,3	x	x	x	2,5
17	x	x	3,6	11,4	x	45,5	x	0,0	x	x	x	6,8
18	7,9	x	x	14,5	x	x	x	x	x	x	2,3	4,3
19	x	75,0	2,0	33,5	4,5	2,0	x	x	x	x	x	x
20	0,4	20,0	0,5	19,2	2,2	x	x	x	x	4,9	-	24,4
21	28,4	x	0,4	9,5	1,0	x	x	x	x	x	x	x
22	0,8	x	25,8	1,0	x	x	x	3,8	x	2,6	1,3	x
23	16,7	x	22,0	0,2	16,0	x	x	0,0	x	x	-	3,7
24	x	x	x	x	1,0	x	x	x	x	x	11,1	x
25	22,0	0,0	7,7	x	3,6	38,0	x	x	x	1,0	x	x
26	29,4	0,0	2,0	5,0	4,7	0,5	x	5,4	x	0,0	0,4	6,3
27	27,8	6,9	1,0	13,6	x	x	x	0,0	x	20,5	6,7	23,2
28	8,9	x	x	x	6,6	x	x	x	x	2,4	36,7	0,2
29	6,4	x	4,2	x	0,1	87,3	2,2	x	x	x	21,5	0,0
30	10,4	x	4,5	11,6	0,5	x	x	x	x	10,8	3,4	x
31	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,0
Dasarian :												
01-10	101,9	71,2	78,3	82,1	125,0	118,8	11,9	19,7	42,0	68,8	11,2	85,1
11-20	67,2	137,3	133,9	114,4	67,8	77,1	61,5	16,1	0,0	33,1	7,7	193,3
21-31	150,8	6,9	67,6	40,9	33,5	125,8	2,2	9,2	0,0	37,3	81,1	34,4
Bulanan :												
Jumlah	319,9	215,4	279,8	237,4	226,3	321,7	75,6	45,0	42,0	139,2	100,0	312,8
Max.	70,8	75,0	80,1	33,5	44,1	87,3	61,5	19,0	42,0	32,1	36,7	141,8
Rata-rata	10,3	7,4	9,0	7,9	7,3	10,7	2,4	1,5	1,4	4,5	3,3	10,1
Hari hujan	24	17	24	25	24	19	5	13	1	19	15	19

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2315,1

Max. 141,8

Hari hujan 205

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1995

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	x	1.0	x	41.2	0.0	20.5	x	x	0.7	15.3
2	x	x	x	x	1.0	x	3.5	3.2	5.7	37.6	7.8	0.0
3	x	9.4	x	21.9	x	x	6.6	7.9	18.7	x	7.0	1.0
4	0.5	1.0	1.0	x	x	0.3	2.4	0.2	2.5	1.3	4.0	x
5	7.2	x	0.0	27.5	2.0	2.4	0.4	0.0	0.0	x	x	21.0
6	1.4	12.9	1.8	0.8	x	x	29.3	5.5	0.7	4.5	5.4	8.5
7	x	0.5	x	24.3	x	x	4.3	0.4	x	43.6	21.0	x
8	x	x	5.2	x	x	1.4	0.0	9.5	14.9	1.0	2.0	10.1
9	12.2	x	0.0	37.7	31.5	x	0.0	17.5	13.5	x	0.5	x
10	x	1.8	15.2	26.4	2.5	14.4	0.9	26.2	x	0.3	1.0	10.0
11	2.4	0.6	0.5	4.2	48.0	48.2	0.0	3.3	3.0	6.6	32.4	3.5
12	6.8	x	x	x	13.1	10.2	34.5	6.5	0.4	x	11.4	1.3
13	x	x	x	3.0	0.0	0.5	0.8	x	x	0.0	8.9	0.0
14	x	x	0.8	x	11.5	41.0	x	0.0	x	0.4	x	4.4
15	x	3.0	5.3	11.3	6.7	43.7	x	9.4	x	2.0	0.0	x
16	x	x	x	33.5	1.0	20.4	x	7.4	x	x	0.8	0.0
17	x	15.7	x	2.3	0.8	0.4	14.0	0.0	20.5	0.8	6.0	7.9
18	x	x	x	x	20.4	1.5	11.4	0.0	1.0	x	64.7	21.5
19	82.0	5.5	14.0	33.8	x	9.8	0.0	2.0	5.6	40.1	6.8	0.0
20	0.0	0.3	4.2	1.3	x	10.5	0.5	-	43.5	4.9	1.3	6.7
21	x	18.0	17.3	22.7	0.0	17.8	1.0	0.0	25.3	0.0	1.4	0.7
22	79.1	1.0	4.3	x	x	5.3	0.0	5.0	4.0	1.0	9.8	5.0
23	3.7	6.5	0.0	15.0	x	0.0	2.2	3.5	38.0	0.0	3.1	0.0
24	x	0.8	0.4	x	3.5	7.0	4.1	1.0	0.4	7.0	0.0	22.3
25	x	x	7.0	8.6	11.2	0.0	0.4	1.2	x	0.0	x	34.4
26	x	13.8	55.2	9.9	x	x	15.0	0.2	0.7	2.0	0.1	4.8
27	x	2.4	6.7	x	1.0	51.8	x	0.0	x	0.2	0.5	4.0
28	x	x	0.6	10.3	3.2	1.0	x	0.0	x	0.4	0.2	16.7
29	x	x	x	x	0.4	0.0	x	3.3	21.6	0.0	18.0	14.1
30	x	x	x	x	17.9	2.5	x	27.9	x	x	19.2	4.1
31	x	x	x	x	2.1	x	33.5	x	x	0.0	x	0.0
Dasarian :												
01-10	21.3	25.6	23.2	139.6	37.0	59.7	47.4	90.9	56.0	88.3	49.4	65.9
11-20	91.2	25.1	24.8	89.4	101.5	186.2	61.2	28.6	74.0	54.8	132.3	45.3
21-31	82.8	42.5	91.5	66.5	39.3	85.4	56.2	42.1	90.0	10.6	52.3	106.1
Bulanan :												
Jumlah	195.3	93.2	139.5	295.5	177.8	331.3	164.8	161.6	220.0	153.7	234.0	217.3
Max.	82.0	18.0	55.2	37.7	48.0	51.8	34.5	27.9	43.5	43.6	64.7	34.4
Rata-rata	6.3	3.3	4.5	9.9	5.7	11.0	5.3	5.2	7.3	5.0	7.8	7.0
Hari hujan	10	16	19	19	20	24	24	28	19	23	27	27

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2384.0

Max. 82.0

Hari hujan 256

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1996

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.5	3.2	x	x	29.1	19.4	3.0	x	15.0	x	x	1.6
2	1.2	18.0	x	5.7	1.0	0.9	24.5	x	x	6.1	0.0	5.9
3	0.4	1.0	7.9	1.5	40.4	53.2	7.8	x	2.0	6.6	x	5.8
4	16.3	33.1	5.5	x	51.6	8.5	0.0	x	17.4	x	24.3	0.4
5	x	6.3	0.0	0.0	x	18.0	1.3	1.9	x	4.5	x	5.6
6	x	17.9	4.5	1.0	0.0	3.3	19.9	0.4	2.5	7.6	0.0	0.0
7	5.9	5.5	x	7.0	7.0	x	1.6	0.0	x	18.7	21.5	4.7
8	0.4	2.5	x	2.0	2.4	14.5	8.3	x	x	1.5	0.0	13.5
9	0.0	x	0.0	20.2	0.0	11.8	1.9	0.0	4.5	0.4	x	9.5
10	0.0	12.0	x	14.3	0.6	17.0	3.4	3.0	x	0.8	0.0	36.0
11	62.3	3.7	x	0.0	10.0	0.4	0.3	6.0	x	x	0.0	x
12	2.5	x	x	x	14.5	20.0	0.0	5.8	x	x	0.0	10.0
13	4.4	1.0	x	x	x	2.5	8.7	1.1	17.8	2.0	0.0	5.6
14	0.0	3.0	x	x	x	0.0	0.4	4.2	0.0	x	x	x
15	28.1	1.0	x	14.0	0.3	3.0	0.0	2.4	x	47.6	15.0	x
16	2.5	0.5	x	0.2	x	14.2	x	17.7	5.0	2.9	33.0	x
17	0.0	1.5	x	36.2	x	x	x	11.0	4.6	11.5	5.4	7.4
18	1.7	20.6	6.4	x	x	1.4	x	37.0	4.4	13.5	35.0	9.0
19	33.8	5.8	x	5.9	x	12.7	x	4.7	0.0	x	3.7	25.4
20	x	30.5	0.6	0.0	x	0.4	x	6.6	x	x	4.6	76.0
21	0.0	4.0	31.5	1.3	x	2.0	x	20.4	3.0	x	13.7	31.6
22	6.1	0.0	0.4	x	30.0	0.4	x	x	12.3	10.4	x	9.0
23	0.0	4.9	4.5	10.4	0.0	x	x	61.8	x	x	43.2	x
24	0.3	4.3	41.6	27.8	7.8	10.7	0.0	x	2.0	0.0	4.2	0.8
25	50.0	79.1	x	x	8.5	x	x	6.0	29.4	37.8	0.0	x
26	3.6	4.9	x	1.6	x	0.3	x	6.0	x	11.7	2.8	0.4
27	x	x	x	x	7.0	4.0	x	1.1	x	23.5	4.4	14.5
28	10.5	x	13.2	x	17.0	-	x	46.5	34.9	30.8	0.0	3.8
29	4.0	11.2	10.0	3.0	13.2	2.0	x	9.3	4.2	0.0	13.8	x
30	3.0		x	x	8.3	7.3	x	3.8	0.0	7.8	19.2	10.4
31	0.4		x		4.0		10.5	2.0		5.4		3.8
Dasarian :												
01-10	26.7	99.5	17.9	51.7	132.1	146.6	71.7	5.3	41.4	46.2	45.8	83.0
11-20	135.3	67.6	7.0	56.3	24.8	54.6	9.4	96.5	31.8	77.5	96.7	133.4
21-31	77.9	108.4	101.2	44.1	95.8	26.7	10.5	156.9	85.8	127.4	101.3	74.3
Bulan :												
Jumlah	239.9	275.5	126.1	152.1	252.7	227.9	91.6	258.7	159.0	251.1	243.8	290.7
Max.	62.3	79.1	41.6	36.2	51.6	53.2	24.5	61.8	34.9	47.6	43.2	76.0
Rata-rata	7.7	9.8	4.1	5.1	8.2	7.6	3.0	8.3	5.3	8.1	8.1	9.4
Hari hujan	27	25	13	19	21	25	17	24	18	22	24	24

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2569.1

Max. 79.1

Hari hujan 259

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1997

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	54.6	0.0	2.5	x	25.4	15.5	x	x	x	x	6.0
2	x	17.8	4.0	4.2	0.0	4.8	9.0	x	x	1.3	x	x
3	x	3.7	22.7	2.8	x	0.0	3.3	x	x	2.6	x	x
4	x	43.1	x	x	1.6	x	14.3	x	2.0	x	0.8	x
5	8.0	9.1	x	x	20.2	x	2.5	x	x	0.7	x	x
6	x	0.3	19.4	x	10.0	x	1.7	x	x	23.3	x	x
7	x	14.6	31.7	13.2	x	x	0.3	x	x	16.5	41.2	x
8	55.7	2.8	8.5	0.4	x	9.4	0.0	x	x	x	14.0	x
9	2.6	94.6	4.2	7.7	4.6	12.8	0.0	x	x	x	36.8	0.0
10	7.2	0.3	2.6	1.7	10.7	x	x	8.0	x	1.0	0.0	17.4
11	0.5	35.5	15.5	40.3	2.6	x	x	x	x	0.5	x	x
12	45.5	28.3	24.2	0.5	6.4	x	x	x	x	x	x	52.0
13	3.7	25.8	2.5	x	x	10.2	x	x	x	x	18.5	5.5
14	41.8	x	2.8	40.1	x	x	x	x	x	x	4.5	x
15	0.0	17.0	2.3	x	1.8	x	x	x	x	x	10.3	x
16	24.7	0.5	1.0	x	16.0	x	x	x	x	x	0.0	x
17	0.1	6.5	0.3	x	13.2	x	x	x	x	x	x	x
18	x	x	1.5	1.3	0.0	x	x	x	x	x	0.0	x
19	39.0	0.0	13.3	1.9	6.9	x	x	x	x	x	x	1.0
20	12.8	13.6	1.4	3.1	x	x	0.0	x	x	x	x	0.0
21	52.6	6.5	x	2.0	11.5	x	x	x	x	x	4.4	-
22	12.1	0.8	19.5	3.1	x	x	x	x	x	x	0.0	1.6
23	7.5	33.3	x	15.7	x	0.4	x	x	x	1.2	0.0	48.5
24	x	0.5	x	x	x	x	x	x	x	0.0	x	5.5
25	x	x	x	0.0	x	x	x	x	x	x	x	17.5
26	x	0.1	x	0.0	0.0	x	x	x	x	0.0	x	6.2
27	x	x	x	x	0.0	x	x	x	x	0.0	0.8	0.0
28	x	3.5	x	6.7	x	x	x	x	x	9.4	x	x
29	x	x	x	x	x	5.7	x	x	2.0	0.0	4.2	21.0
30	0.0	x	x	x	x	7.0	x	x	0.0	x	x	x
31	6.0	x	2.0	x	x	x	x	x	x	x	x	5.4
Dasarian :												
01-10	73.5	240.9	93.1	32.5	47.1	52.4	46.6	8.0	2.0	45.4	92.8	23.4
11-20	168.1	127.2	64.8	87.2	46.9	10.2	0.0	0.0	0.0	0.5	33.3	58.5
21-31	78.2	44.7	21.5	27.5	11.5	13.1	0.0	0.0	2.0	10.6	9.4	105.7
Bulanah :												
Jumlah	319.8	412.8	179.4	147.2	105.5	75.7	46.6	8.0	4.0	56.5	135.5	187.6
Max.	55.7	94.6	31.7	40.3	20.2	25.4	15.5	8.0	2.0	23.3	41.2	52.0
Rata-rata	10.3	14.7	5.8	4.9	3.4	2.5	1.5	0.3	0.1	1.8	4.5	6.1
Hari hujan	18	24	20	19	16	9	10	1	3	13	15	15

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1678.6

Max. 94.6

Hari hujan 163

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1998

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	14,3	x	x	x	12,7	12,5	1,0	0,5	x	x	1,0	3,7
2	x	x	x	x	x	1,0	x	0,0	17,5	5,1	39,5	0,8
3	x	x	x	x	x	x	4,0	0,0	43,2	39,8	29,8	8,0
4	x	x	x	x	x	10,7	0,0	12,5	x	24,5	x	10,6
5	x	x	x	x	x	x	x	1,6	4,3	6,5	x	3,0
6	x	x	x	x	x	33,5	13,2	5,2	x	7,0	2,6	6,8
7	x	x	x	x	x	2,5	3,9	18,9	1,8	1,0	1,5	7,5
8	x	2,5	x	x	x	x	x	34,1	18,6	68,4	2,3	12,5
9	x	x	x	x	x	85,0	0,0	18,9	0,0	11,5	14,9	0,7
10	x	x	x	x	x	3,4	8,1	x	1,8	9,7	x	10,6
11	x	x	x	x	0,0	x	19,0	1,0	x	1,8	6,3	x
12	x	x	0,0	x	0,0	x	0,0	4,0	x	0,7	x	10,6
13	x	x	x	x	1,6	x	12,9	7,8	0,4	3,7	0,3	0,0
14	x	x	x	0,5	13,4	x	x	11,0	1,0	x	22,6	10,3
15	x	x	x	x	7,5	8,6	x	12,1	0,0	x	17,2	x
16	x	x	x	25,0	0,0	14,5	3,2	0,0	0,2	0,0	23,9	0,0
17	x	x	x	x	20,6	7,4	x	13,4	0,0	0,0	12,0	4,6
18	x	x	x	x	3,0	x	x	0,0	x	5,0	x	23,8
19	0,3	x	x	x	0,9	25,1	0,5	2,8	4,0	1,3	4,2	2,9
20	x	0,0	x	x	1,2	x	1,5	x	3,0	x	x	x
21	x	x	x	0,4	3,8	x	1,2	6,2	0,9	13,2	x	35,3
22	x	x	x	x	2,3	21,4	x	6,5	0,5	0,0	x	1,7
23	x	x	x	0,0	x	22,6	1,0	19,6	x	x	x	8,8
24	x	x	x	x	0,3	x	0,5	1,0	0,3	x	14,0	68,3
25	0,5	x	x	x	x	1,3	1,8	x	17,6	x	0,5	7,9
26	0,2	x	x	x	0,5	35,7	0,5	1,3	4,5	14,2	0,2	74,3
27	x	x	x	x	3,8	x	0,0	3,5	x	1,0	1,2	13,3
28	x	x	x	x	x	0,0	34,0	0,0	1,5	7,0	4,8	TTU
29	x	x	x	78,4	x	x	5,5	0,3	0,2	3,0	x	3,5
30	x	x	x	1,2	0,5	77,9	68,0	x	1,0	2,4	16,0	7,5
31	x	x	x		4,1		12,0	x		14,4		1,0
Dasarian :												
01-10	14,3	2,5	0,0	0,0	12,7	148,6	30,2	91,7	87,2	173,5	91,6	64,2
11-20	0,3	0,0	0,0	25,5	48,2	55,6	37,1	52,1	8,6	12,5	85,5	52,2
21-31	0,7	0,0	0,0	80,0	15,3	158,9	124,5	38,4	26,5	55,2	36,7	221,6
Bulan :												
Jumlah	15,3	2,5	0,0	105,5	76,2	363,1	191,8	182,2	122,3	241,2	213,8	338,0
Max.	14,3	2,5	0,0	78,4	20,6	85,0	68,0	34,1	43,2	68,4	39,5	74,3
Rata-rata	0,5	0,1	0,0	3,5	2,5	12,1	6,4	6,1	4,1	8,0	7,1	11,3
Hari hujan	4	2	1	6	18	17	23	26	22	24	20	27

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1851,9

Max. 85,0

Hari hujan 190

DATA CURAH HUJAN

Tahun 1999

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	7.9	x	2.4	7.5	2.4	x	0.7	26.3	x	43.9	3.0	57.6
2	3.3	6.3	x	x	1.0	x	2.5	x	x	0.8	x	9.4
3	5.2	x	x	0.0	0.0	1.8	1.5	x	x	13.5	1.2	x
4	8.8	18.9	6.5	0.7	x	21.2	46.0	6.4	x	1.8	x	31.1
5	18.7	13.4	6.1	x	13.0	11.8	3.3	0.0	0.0	6.4	x	41.0
6	x	x	15.0	x	x	24.9	9.7	x	0.0	28.5	23.6	3.3
7	9.5	x	x	16.0	1.9	x	0.4	x	5.8	2.6	7.6	x
8	1.1	0.0	x	x	8.1	0.0	26.1	1.2	x	0.4	0.5	x
9	x	x	x	5.0	0.0	0.7	9.0	x	x	27.6	x	2.4
10	18.5	117.1	7.0	6.0	x	2.0	7.0	16.5	x	1.0	x	x
11	8.3	0.9	0.4	41.9	35.7	x	x	0.0	x	3.5	0.0	0.0
12	x	47.6	1.1	2.1	41.2	x	4.5	0.0	x	x	x	30.2
13	x	0.0	20.7	11.7	0.0	31.1	1.0	x	8.5	0.0	x	2.2
14	x	0.2	5.0	13.6	x	x	1.7	23.0	4.0	0.4	5.9	4.0
15	x	20.6	0.4	x	12.6	10.5	x	0.7	0.4	1.2	x	x
16	24.9	x	4.4	5.2	6.4	1.0	x	x	41.0	x	19.1	2.4
17	x	0.5	5.0	14.0	12.8	x	2.2	x	6.9	22.5	9.3	0.6
18	x	1.3	16.1	x	3.7	x	0.0	8.2	9.5	x	2.6	7.0
19	x	2.5	0.0	0.0	2.5	2.2	9.3	x	0.0	1.3	x	x
20	x	x	1.0	0.2	6.6	0.0	x	1.3	5.6	3.4	12.5	x
21	x	x	0.0	8.0	2.2	1.5	x	x	2.4	10.3	8.1	5.0
22	x	43.8	2.4	1.3	0.3	x	x	3.2	1.1	29.0	x	x
23	x	10.2	1.8	5.6	x	3.3	x	62.0	6.9	x	3.6	42.8
24	1.3	1.9	x	x	1.2	0.0	0.2	0.6	3.0	1.6	x	7.6
25	26.7	x	16.0	33.8	1.2	7.2	x	x	4.0	84.6	31.4	4.2
26	8.9	x	20.0	x	0.0	0.0	x	40.0	12.4	0.3	0.0	0.1
27	0.0	107.0	29.0	x	4.3	2.1	x	4.1	78.7	0.0	80.2	0.0
28	0.0	x	x	0.0	13.4	0.0	x	10.2	1.6	7.6	18.6	x
29	70.5	x	33.8	3.5	0.0	0.0	4.4	x	20.6	5.2	3.0	11.0
30	8.5	x	23.7	4.6	x	x	0.3	x	13.9	9.6	24.9	x
31	x	x	1.1	x	x	x	x	x	x	10.6	x	2.3
Dasarian :												
01-10	73.0	155.7	37.0	35.2	26.4	62.4	106.2	50.4	5.8	126.5	35.9	144.8
11-20	33.2	73.6	54.1	88.7	121.5	44.8	18.7	33.2	75.9	32.3	49.4	46.4
21-31	115.9	162.9	127.8	56.8	22.6	14.1	4.9	120.1	144.6	158.8	169.8	73.0
Bulan :												
Jumlah	222.1	392.2	218.9	180.7	170.5	121.3	129.8	203.7	226.3	317.6	255.1	264.2
Max.	70.5	117.1	33.8	41.9	41.2	31.1	46.0	62.0	78.7	84.6	80.2	57.6
Rata-rata	7.2	14.0	7.1	6.0	5.5	4.0	4.2	6.6	7.5	10.2	8.5	8.5
Hari hujan	17	17	24	21	24	20	19	17	21	27	19	21

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2702.4

Max. 117.1

Hari hujan 247

DATA CURAH HUJAN

Tahun 2000

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	12,5	0	x	x	57,1	13,0	x	2,0	x	4,0	x	0,0
2	1,1	24,1	x	3,9	3,3	9,0	x	3,6	16,2	x	10,1	0,0
3	6,0	0,5	2,5	4,6	0,6	3,1	0,0	0,0	x	1,1	3,8	x
4	22,7	3,0	15,8	3,3	13,2	2,4	0,0	0,3	0,0	x	9,3	x
5	2,8	1,1	x	10,6	19,0	0,5	2,0	2,8	48,5	1,3	8,3	x
6	11,5	26,0	x	0,4	0,5	0,5	7,1	x	x	1,7	0,6	x
7	21,7	47,2	12,8	x	17,4	1,4	0,0	4,4	x	0,0	73,4	11,3
8	46,5	38,0	0,0	2,3	x	2,7	27,5	3,2	x	0,0		10,5
9	x	x	37,3	0,5	11,8	5,9	x	x	11,0	x	1,3	x
10	2,5	0,0	11,7	1,0	0,6	0,4	3,0	0,0	x	x	x	x
11	5,6	4,2	x	2	x	34,4	6,4	1,7	3,4	12,8	x	x
12	x	x	5,4	2,2	x	19,3	2,4	-	17,0	1,4	21,5	x
13	1,9	x	0,5	10,0	x	x	x	4,8	x	x	x	0,0
14	20,8	51,3	8,4	0,0	x	x	x	15,3	0,4	0,0	x	x
15	x	x	x	3,2	0,0	5,7	x	9,0	0,0	6,0	0,0	x
16	x	x	x	5,1	x	x	x	0,5	1,4	x	0,0	4,4
17	7,6	5,5	x	2,1	66,2	0,0	x	0,1	10,0	7,3	1,2	0,3
18	2,8	0,3	12,0	0,0	0,0	31,9	x	x	36,0	22,0	2,0	25,0
19	0,2	12,7	15,5	2,9	11,0	3,7	x	x	32,7	14,4	33,4	x
20	0,0	3,6	60,8	0,0	0,0	0,5	36,8	x	0,0	24,0	47,4	6,7
21	1,0	37,0	4,2	1,3	x	10,8	x	x	10,2	20,2	25,3	2,3
22	2,2	0,2	4,7	5,0	4,8	0,4	x	x	10,6	8,4	10,6	8,6
23	x	0,0	5,3	25,1	0,0	40,5	0,0	0,0	2,6	9,9	25,4	5,3
24	x	x	1,0	12,0	x	0,4	x	17,8	x	0,0		16,0
25	x	0,6	x	3,2	x	x	6,2	4,3	8,2	x	28,1	35,0
26	x	1,0	5,0	x	0,4	83,8	0,0	0,2	x	5,2	20,5	8,4
27	x	50,0	0,0	0,0	x	0,0	0,3	9,9	6,5	0,0	21,4	x
28	6,0	2,0	48,0	x	0,0	7,0	6,4	6,6	3,8	8,2	37,8	x
29	6,8	x	x	39,8	0,7	1,5	2,0	x	0,6	21,5	x	9,0
30	0,0		15,0	x	28,1	0,7	3,1	14,5	x	4,9	x	20,5
31	7,5		0,0		14,7		15,0	x		1,0		5,4
Dasarian :												
01-10	127,3	139,9	80,1	26,6	123,5	38,9	39,6	16,3	65,7	8,1	106,8	21,8
11-20	38,0	77,6	102,6	25,5	77,2	95,5	45,6	31,4	100,9	87,9	105,5	36,4
21-31	23,5	90,8	83,2	86,4	48,7	145,2	33,0	53,3	42,5	79,3	169,1	110,5
Bulan :												
Jumlah	188,8	308,3	265,9	138,5	249,4	279,6	118,2	101,0	209,1	175,3	381,4	168,7
Max.	46,5	51,3	60,8	39,8	66,2	83,8	36,8	17,8	48,5	24,0	73,4	35,0
Rata-rata	6,1	11,0	8,6	4,6	8,0	9,3	3,8	3,3	7,0	5,7	12,7	5,4
Hari hujan	22	22	21	24	21	26	18	21	20	24	21	18

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2584,2

Max. 83,8

Hari hujan 258

DATA CURAH HUJAN

Tahun 2001

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	1.5	5.6	0	0.2	2.3	x	x	x	3.8	10.3	14.0	3.4
2	0.9	60.9	0.0	1.5	1.7	x	x	7.0	0.6	1.8	14.0	18.9
3	x	0.4	101.6	x	0.0	2.1	x	x	x	17.5	0.0	3.2
4	0	0.1	1.7	26.4	x	0.0	x	1.4	x	0.6	x	x
5	0.5	5.7	11.5	4.5	30.4	9.5	x	x	4.8	0.0	0.0	x
6	2.6	0.0	x	4.5	0.7	0.3	x	x	0.8	x	16.5	4.7
7	0.6	49.5	7.0	4.7	x	15.5	x	17.6	3.7	0.0	0.0	x
8	x	5.7	0.9	x	29.7	0.0	x	0.4	3.6	x	x	x
9	0.1	15.1	x	0.0	9.0	22.1	0.0	x	11.3	x	12.0	2.2
10	15.7	12.0	x	7.5	6.6	x	x	x	0.0	2.6	x	2.0
11	27.0	0.1	3.1	11.8	x	x	2.6	x	17.0	2.0	0.0	3.0
12	0	51.4	17.3	15.2	7.8	10.0	6.0	x	2.8	1.6	1.0	x
13	16.9	10.0	x	0.0	8.2	12.5	0.1	x	2.7	2.5	x	1.3
14	0.0	0.0	x	0.6	1.2	2.8	x	x	x	23.4	x	2.0
15	12.1	0.0	x	8.0	x	23.8	0.0	x	3.6	x	26.0	x
16	13.3	x	x	4.3	x	5.8	4.4	x	x	0.0	x	x
17	x	0.0	x	x	x	x	9.4	x	2.6	24.0	x	2.8
18	1.3	13.2	2.0	0.3	40.6	0.0	x	x	x	x	36.4	x
19	14.1	x	0.9	x	18.3	4.1	0.0	x	15.4	x	10.5	x
20	x	0.0	x	11.4	x	x	0.0	x	2.0	0.0	16.6	x
21	30.0	x	0.0	3.7	x	x	x	x	10.3	x	x	x
22	3.2	x	0.8	x	x	x	0.2	x	3.6	22.2	x	4.0
23	x	21.3	3.5	0.0	0.8	x	8.8	x	x	x	x	6.0
24	x	32.3	0.0	10.6	13.8	x	x	x	7.2	x	11.5	x
25	0.0	1.2	3.8	0.0	x	x	3.5	x	0.2	0.0	x	46.8
26	0.0	0.2	56.7	x	0.5	x	8.0	x	1.5	x	8.8	5.8
27	0.0	x	8.0	20.5	6.4	1.2	0.0	x	x	2.1	6.8	6.0
28	7.1	22.6	15.1	0.5	0.0	0.0	0.3	x	27.7	3.2	3.4	x
29	x	1.3	20.0	3.8	x	x	x	x	16.7	x	42.1	x
30	7.5	0.3	1.8	5.3	x	25.5	x	35.8	3.5	1.2	x	x
31	2.0	0.2			x		29.6	x		16.8		x
Dasarian :												
01-10	21.9	155.0	122.7	49.3	80.4	49.5	0.0	26.4	18.6	32.8	56.5	34.4
11-20	84.7	74.7	23.8	51.6	76.1	59.0	22.5	0.0	46.1	53.5	90.5	9.1
21-31	49.8	77.6	89.7	57.1	30.6	1.2	75.9	0.0	103.0	47.8	73.8	68.6
Bulan :												
Jumlah	156.4	307.3	235.7	158.0	187.1	109.7	98.4	26.4	167.7	134.1	220.8	112.1
Max.	30.0	60.9	101.6	26.4	40.6	23.8	29.6	17.6	35.8	24.0	42.1	46.8
Rata-rata	5.0	11.0	7.6	5.3	6.0	3.7	3.2	0.9	5.6	4.3	7.4	3.6
Hari hujan	24	23	22	24	20	16	17	4	23	20	19	15

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1913.7

Max. 101.6

Hari hujan 227

DATA CURAH HUJAN

Tahun 2002

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.4	x	0.0	2.0	x	x	x	x	x	8.6	0.2	37.6
2	0.5	x	x	39.9	11.6	x	x	13.7	x	0.0	x	1.0
3	1.5	33.7	31.2	2.0	x	6.3	x	2.4	13.7	x	0.0	x
4	0.0	12.2	0.0	1.2	9.1	7.9	x	x	0.4	x	x	2.0
5	66.3	x	48.5	x	3.9	0.3	x	x	x	5.0	3.0	x
6	9.1	x	13.8	x	23.3	x	x	12.3	9.7	x	x	8.0
7	0.0	x	29.2	7.6	8.8	2.8	x	2.3	x	0.0	4.8	1.9
8	x	x	0.8	x	1.0	11.6	x	2.0	x	0.0	0.0	16.0
9	x	x	x	1.4	10.0	6.9	x	x	x	x	x	1.3
10	32.0	x	15.0	6.1	38.1	15.3	x	x	1.7	x	1.6	x
11	x	x	x	1.0	0.0	3.4	x	x	x	x	x	0.0
12	x	x	0.2	x	0.0	54.6	x	x	0.0	x	0.8	x
13	0.0	x	24.4	x	x	9.2	x	x	0.0	2.2	0.2	x
14	8.7	1.0	x	1.0	1.1	0.0	x	x	x	x	2.3	x
15	0.0	0.0	11.5	x	x	3.4	x	x	x	61.5	22.0	x
16	1.0	3.0	x	x	1.0	9.3	1.3	x	x	x	12.5	0.0
17	15.9	10.9	23.6	11.3	x	0.2	x	x	x	33.6	20.3	9.8
18	x	x	9.9	x	x	2.3	x	x	x	x	0.0	x
19	x	x	10.0	x	4.4	0.0	13.6	x	x	x	x	x
20	0.0	0.7	6.3	x	x	8.6	x	x	x	x	1.2	x
21	9.5	9.3	0.0	23.5	3.8	x	x	0.0	x	x	14.0	x
22	10.0	34.6	x	x	x	x	3.5	x	x	x	3.6	x
23	x	0.0	0.0	0.0	x	36.6	1.6	x	x	x	1.0	x
24	x	15.0	x	3.5	1.0	0.0	x	x	32.6	x	0.5	x
25	x	1.2	5.6	7.8	2.3	x	0.8	x	11.9	0.6	1.0	0.6
26	x	x	12.0	22.9	x	x	2.4	x	0.0	4.0	10.1	0.8
27	x	0.0	x	6.6	x	x	x	x	x	x	0.0	4.0
28	x	6.6	x	0.0	10.6	x	0.0	x	3.5	x	0.0	64.5
29	x	x	16.5	52.0	x	1.9	2.4	x	x	x	2.6	33.0
30	x	x	21.4	1.1	0.0	x	49.5	x	x	x	0.0	1.0
31	x	x	4.5	x	x	x	1.3	x	x	24.6	x	0.0
Dasarian :												
01-10	111.8	45.9	138.5	60.2	105.8	51.1	0.0	32.7	25.5	13.6	9.6	67.8
11-20	25.6	15.6	85.9	13.3	6.5	91.0	14.9	0.0	0.0	97.3	59.3	9.8
21-31	19.5	66.7	60.0	117.4	17.7	38.5	61.5	0.0	48.0	29.2	32.8	103.9
Bulanan :												
Jumlah	156.9	128.2	284.4	190.9	130.0	180.6	76.4	32.7	73.5	140.1	101.7	181.5
Max.	66.3	34.6	48.5	52.0	38.1	54.6	49.5	13.7	32.6	61.5	22.0	64.5
Rata-rata	5.1	4.6	9.2	6.4	4.2	6.0	2.5	1.1	2.5	4.5	3.4	5.9
Hari hujan	16	14	22	19	18	20	10	6	10	11	24	17

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1676.9

Max. 66.3

Hari hujan 187

DATA CURAH HUJAN

Tahun 2003

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	1,2	0,0	3,0	x	1,0	x	x	x	12,6	2,5
2	x	2,1	33,2	x	3,2	x	0,0	x	11,0	0,0	35,5	x
3	0,3	18,0	x	x	x	x	1,1	x	2,2	x	2,5	18,5
4	x	44,5	x	7,1	45,6	x	3,4	x	11,4	1,1	x	2,8
5	47,5	4,2	76,0	0,0	20,5	x	x	x	0,0	1,4	0,0	x
6	x	x	x	15,1	4,6	4,5	1,6	x	33,2	9,3	x	1,0
7	3,2	0,5	13,7	x	12,3	0,4	1,0	x	1,0	10,0	0,0	x
8	x	9,3	20,4	10,9	6,0	x	1,0	0,0	x	7,5	x	0,0
9	0,5	5,0	32,0	3,3	87,7	x	0,0	0,0	x	7,9	x	17,9
10	8,4	x	x	16,3	2,7	0,7	2,5	x	23,3	0,2	1,0	6,3
11	x	11,0	21,0	0,3	0,0	x	0,0	8,1	5,2	0,0	x	20,6
12	22,6	0,7	4,0	0,0	0,0	1,5	3,2	7,0	0,8	1,5	24,3	6,6
13	4,0	x	x	4,4	32,9	8,8	x	8,0	0,0	11,7	7,8	5,0
14	32,9	x	x	7,0	4,5	x	2,8	x	x	83,0	5,4	x
15	x	x	20,5	1,9	7,9	x	0,0	x	x	x	1,0	7,5
16	2,0	3,3	10,0	3,0	x	3,8	0,0	1,0	12,6	27,6	x	x
17	0,8	0,0	16,3	1,0	3,5	x	0,0	2,0	0,0	4,5	1,5	2,4
18	x	0,2	17,3	x	x	x	2,9	12,2	2,8	x	x	x
19	29,5	x	x	x	x	2,6	x	9,3	31,3	x	3,0	6,0
20	0,0	x	5,1	5,8	2,0	6,9	x	x	43,5	x	0,4	x
21	13,3	x	8,8	0,4	8,5	9,2	x	20,0	75,5	x	16,7	x
22	x	x	21,0	x	x	1,6	x	1,0	7,0	x	46,3	13,5
23	36,5	x	3,5	4,2	x	3,7	x	15,0	x	0,0	31,0	24,0
24	x	x	0,0	0,5	x	9,7	x	0,0	0,0	x	0,0	1,2
25	x	29,8	x	x	x	7,2	x	x	x	x	3,7	18,5
26	x	x	x	8,0	x	2,7	x	12,0	x	1,0	6,0	x
27	12,7	x	74,6	11,5	x	9,1	x	x	12,0	43,7	4,2	x
28	16,1	29,3	4,7	13,5	0,0	7,4	x	x	x	0,0	x	0,6
29	x	x	34,0	10,0	x	0,0	24,0	x	x	0,4	0,8	63,0
30	9,0	x	x	11,5	x	x	x	x	1,0	10,1	0,0	0,0
31	14,0	x	x	x	x	x	x	0,0	x	x	x	x
Dasarian :												
01-10	59,9	83,6	176,5	52,7	185,6	5,6	11,6	0,0	82,1	37,4	51,6	49,0
11-20	91,8	15,2	94,2	23,4	50,8	23,6	8,9	47,6	96,2	128,3	43,4	48,1
21-31	101,6	59,1	146,6	59,6	8,5	50,6	24,0	48,0	95,5	55,2	108,7	120,8
Bulanan :												
Jumlah	253,3	157,9	417,3	135,7	244,9	79,8	44,5	95,6	273,8	220,9	203,7	217,9
Max.	47,5	44,5	76,0	16,3	87,7	9,7	24,0	20,0	75,5	83,0	46,3	63,0
Rata-rata	8,2	5,6	13,5	4,5	7,9	2,7	1,4	3,1	9,1	7,1	6,8	7,0
Hari hujan	18	14	20	23	18	17	17	15	20	20	22	20

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2345,3

Max. 87,7

Hari hujan 224

DATA CURAH HUJAN

Tahun 2004

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	2,7	0,0	11,0	0,0	18,0	0,0	x	x	0,0	0,0	12,6	12,9
2	14,0	5,0	27,8	5,0	23,0	x	x	x	0,0	x	x	7,5
3	9,2	12,0	26,9	x	11,5	0,0	x	x	x	x	1,4	x
4	x	12,4	28,0	0,2	35,6	x	11,7	x	0,5	x	x	8,1
5	x	1,0	3,5	x	12,0	x	0,0	x	0,0	x	0,0	0,0
6	33,5	37,1	1,0	x	0,0	x	7,6	x	50,6	x	8,7	x
7	35,0	24,5	x	x	68,9	x	1,0	x	1,3	x	x	x
8	x	1,0	x	19,2	43,3	12,0	0,6	x	x	x	0,9	4,4
9	x	2,5	11,9	0,4	0,0	28,5	0,0	x	9,0	x	31,5	3,9
10	x	11,3	11,5	0,5	x	3,0	3,2	x	6,7	x	x	x
11	x	x	4,4	12,6	12,5	3,7	11,4	x	43,9	0,0	1,0	9,6
12	x	9,6	65,2	x	x	0,3	0,6	x	22,3	x	0,3	0,0
13	x	0,0	4,2	x	33,6	x	1,0	x	x	x	0,0	4,0
14	x	x	9,6	9,7	15,3	1,0	1,9	x	0,0	x	30,6	x
15	x	x	0,0	118,2	7,2	1,0	x	x	x	0,0	x	26,5
16	x	7,3	26,3	25,2	x	0,7	1,0	x	4,6	x	x	x
17	x	x	7,5	x	x	0,8	17,3	x	x	x	x	0,0
18	x	1,0	1,0	37,6	x	x	x	x	8,7	x	x	0,0
19	42,0	x	6,4	108,4	x	x	3,2	x	72,4	0,3	17,1	x
20	22,0	6,7	2,0	7,9	4,2	3,4	2,3	x	6,5	x	105,0	0,0
21	1,7	0,0	x	4,5	19,9	x	7,0	x	x	0,2	x	0,5
22	32,8	9,8	x	2,5	0,6	x	1,0	x	x	x	39,5	1,7
23	2,0	0,0	0,0	7,0	0,0	x	0,0	x	x	x	19,5	31,0
24	4,3	6,5	x	4,0	0,3	x	-	x	3,9	x	x	45,4
25	6,3	0,0	x	4,2	0,0	x	22,9	x	3,0	x	7,2	6,2
26	7,1	x	22,4	x	1,0	x	0,0	x	x	0,0	1,0	5,7
27	14,2	59,8	37,3	8,9	0,0	x	0,4	x	0,0	x	1,5	0,0
28	8,9	x	52,5	0,3	2,0	1,0	6,0	x	0,0	x	1,0	1,1
29	6,0	16,8	35,8	8,5	3,6	x	0,0	0,0	3,3	1,6	22,1	4,8
30	66,3	x	x	x	54,6	x	x	x	0,0	x	x	4,5
31	31,7	x	5,4	x	x	x	x	x	x	x	x	0,5
Dasarian :												
01-10	94,4	106,8	121,6	25,3	212,3	43,5	24,1	0,0	68,1	0,0	55,1	36,8
11-20	64,0	24,6	126,6	319,6	73,3	10,9	38,7	0,0	158,4	0,3	154,0	40,1
21-31	181,3	92,9	153,4	39,9	82,0	1,0	37,3	0,0	10,2	1,8	91,8	101,4
Bulanan :												
Jumlah	339,7	224,3	401,6	384,8	367,6	55,4	100,1	0,0	236,7	2,1	300,9	178,3
Max.	66,3	59,8	65,2	118,2	68,9	28,5	22,9	0,0	72,4	1,6	105,0	45,4
Rata-rata	11,0	8,0	13,0	12,8	11,9	1,8	3,2	0,0	7,9	0,1	10,0	5,8
Hari hujan	18	22	24	21	24	13	23	1	21	7	19	24

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2591.5

Max. 118.2

Hari hujan 217

DATA CURAH HUJAN

Tahun 2005

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	19,6	0,0	x	89,0	x	5,5	31,5	x	1,0	x	4,1	40,9
2	1,0	0,0	42,0	2,5	0,5	2,0	x	x	x	x	7,7	x
3	x	11,8	30,5	8,4	2,0	x	0,0	2,1	x	108,0	0,0	0,4
4	40,4	5,0	x	42,3	4,7	3,4	58,3	x	42,8	0,0	12,5	x
5	25,0	x	x	29,4	x	2,2	x	x	x	x	1,0	0,0
6	x	0,0	x	1,4	5,7	2,5	10,6	x	0,5	2,4	14,2	47,9
7	x	x	x	29,0	4,5	x	29,2	0,7	x	x	23,0	x
8	6,7	x	0,0	7,0	0,0	0,0	5,7	x	x	x	0,0	4,0
9	3,4	x	0,5	5,3	4,6	7,0	6,7	38,5	0,0	x	13,6	3,4
10	0,0	x	x	1,5	9,0	0,0	x	6,4	x	8,2	4,0	16,9
11	6,0	x	24,3	1,5	16,4	x	38,4	x	x	4,6	x	30,9
12	0,0	x	11,5	11,5	16,5	8,5	23,0	x	x	0,9	3,8	2,3
13	6,5	1,5	5,8	x	x	18,3	7,8	x	4,0	13,2	x	13,7
14	7,3	4,9	x	x	x	20,5	x	x	x	9,7	19,1	5,5
15	0,0	x	x	1,0	x	x	x	61,0	0,0	5,8	0,0	19,5
16	x	x	x	24,0	2,0	2,5	1,0	x	x	17,8	x	0,8
17	32,5	x	x	4,5	2,9	0,6	1,6	9,8	x	3,2	6,5	4,5
18	x	x	19,5	11,9	0,0	0,8	8,8	9,0	x	0,7	5,1	20,2
19	x	x	x	7,1	15,4	x	4,3	0,0	1,2	71,7	17,4	0,0
20	x	x	x	0,0	x	0,0	16,3	16,0	x	12,2	59,2	24,2
21	x	1,0	x	0,0	x	0,5	0,0	0,0	0,0	12,4	1,6	x
22	x	0,0	x	19,0	4,0	1,0	0,0	0,8	11,7	x	24,8	2,5
23	x	x	5,0	1,0	11,0	6,3	1,0	x	0,0	1,0	8,0	2,6
24	2,2	14,7	x	32,5	58,3	0,0	0,0	x	0,6	28,9	10,7	18,3
25	0,0	x	x	6,5	13,1	5,5	x	x	x	2,4	37,5	2,4
26	0,0	x	x	0,0	24,7	x	x	x	x	0,0	x	4,3
27	x	x	43,0	x	4,1	1,0	0,0	x	x	1,0	0,5	x
28	2,3	x	13,5	x	0,0	10,5	x	1,1	23,6	0,0	0,8	2,3
29	x	x	x	x	0,0	x	x	x	8,7	19,5	0,0	27,5
30	21,4	x	19,4	x	x	0,0	26,8	0,0	x	16,0	29,4	x
31	26,4	x	10,4	x	x	x	0,0	x	x	x	x	1,5
Dasarian :												
01-10	96,1	16,8	73,0	215,8	31,0	22,6	142,0	47,7	44,3	118,6	80,1	113,5
11-20	52,3	6,4	61,1	61,5	53,2	51,2	101,2	95,8	5,2	139,8	111,1	121,6
21-31	52,3	15,7	91,8	59,0	115,2	24,8	27,8	1,9	44,6	81,2	113,3	61,4
Bulanan :												
Jumlah	200,7	38,9	225,4	336,3	199,4	98,6	271,0	145,4	94,1	339,6	304,5	296,5
Max.	40,4	14,7	43,0	89,0	58,3	20,5	58,3	61,0	42,8	108,0	59,2	47,9
Rata-rata	6,5	1,4	7,3	11,2	6,4	3,3	8,7	4,7	3,1	11,0	10,2	9,6
Hari hujan	19	10	13	24	22	23	22	13	13	23	26	25

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2550,4

Max. 108,0

Hari hujan 233

PARAMETER TANAH PERHITUNGAN KESTABILAN DENGAN PLAXIS

No.	Jenis Tanah	Satuan	Nilai
1	Tanah Dasar Asli		
	Jenis : Peat		
	γ_d	(kN/m ³)	10,740
	γ_{Sat}	(kN/m ³)	17,820
	k	m/day	0.650
	E_{reff}	(kN/m ²)	5000.00
	ν_u		0.300
2	Timbunan Tanah Pilihan		
	Jenis Clay		
	γ_d	(kN/m ³)	15,290
	γ_{Sat}	(kN/m ³)	20,930
	k	m/day	0.012
	E_{reff}	(kN/m ²)	15000.00
	ν_u		0.300
3	Filter		
	Jenis Pasir Koral		
	γ_d	(kN/m ³)	21,700
	γ_{Sat}	(kN/m ³)	21,700
	k	m/day	0.864
	E_{reff}	(kN/m ²)	20000.00
	ν_u		0.300
4	Toe Drain (Batu Gunung)		
	γ_d	(kN/m ³)	21,700
	γ_{Sat}	(kN/m ³)	21,700
	k	m/day	0.864
	E_{reff}	(kN/m ²)	20000.00
	ν_u		0.300
	c_{reff}	(kN/m ²)	0.340
	ϕ	\circ	41.000

**PEKERJAAN PEMBANGUNAN BENDUNGAN IRIGASI
SUNGAI MARANGKAYU**

HARGA SATUAN UPAH DAN BAHAN

No	JENIS PEKERJAAN	SATUAN	HARGA SATUAN 2005 (Rp)/HARI	HS 2005 (Rp)/JAM
I. Tenaga				
1	Pekerja (Buruh)	Jam	29.600	6.200,00
2	Tukang Car	Jam	65.600	8.200,00
3	Tukang Kayu	Jam	65.600	8.200,00
4	Tukang Besi	Jam	65.600	8.200,00
5	Tukang Batu	Jam	65.600	8.200,00
6	Tukang Las	Jam	65.600	8.200,00
7	Mandor	Jam	85.600	10.700,00
8	Sopir	Jam	65.600	8.200,00
9	Pembantu Sopir	Jam	44.800	5.600,00
10	Operator	Jam	79.200	9.900,00
11	Pembantu Operator	Jam	65.600	8.200,00
No	JENIS BARANG	SATUAN	HSPK 2005 Rp.	
1	Agregat untuk beton	m ³	275.000	
2	agregat kasar kelas B	m ³	231.000	
3	agregat halus untuk hotmix	m ³	254.000	
5	Batu split 1/2" - 2/3"	m ³	224.000	
6	Batu balah (15/20 cm)	m ³	164.350	
7	Batu kali/batu gunung	m ³	216.500	
9	Besi-Beton polos	kg	9.000	
10	Besi-Beton ulir	kg	10.125	
11	Baja profil	kg	11.900	
12	Baja klamp/Plat baja	kg	12.900	
13	Cat Thermoplastic	Kg	36.675	
14	Kawat Beton	Kg	12.750	
15	Kawat Bronjong	kg	25.750	
16	Kawat Las	kg	25.875	
17	Kayu Bekisting	m ²	872.500	
18	Kayu Perancah	m ³	1.270.000	
19	Kayu Ulir (10x10)	M	18.250	
20	Kerosene	litr	6.825	
21	Material tiang pancang pipa baja	Kg	15.900	
22	Multipleks 9mm	lmb	112.000	
23	Pasir urug/pasang	m ³	152.000	
24	Pasir cor beton	m ³	225.500	
25	Paku	kg	15.350	
26	Paving block	m ²	91.750	
27	Portland/semen	kg	910	
28	Pipa galvanis dia 3"	m	45.000	
29	Pipa PVC dia 6"	m	50.800	
30	Rubber joint	m ¹	370.000	
31	sheet pile baja	m ¹	692.750	
32	Solar	litr	4.300	
33	Tanah urug biasa	m ³	13.150	
34	Tanah urug pilihan	m ³	24.850	
35	Pengadaan tiang pancang beton	m ¹	339.236	
36	Water stop	m ¹	185.000	
37	Agregat Klas A	m ³	245.166	

NO	JENIS ALAT	SATUAN	HSPK 2005 Rp.
1	Alat pancang kayu	jam	58.900
2	Buldozer	Jam	679.900
3	Alat batu (Cangkul/sekop, dll)	bb	1.500
4	Cement distributor truck	jam	434.100
5	cement sprayer	Jam	321.250
6	compressor 4000 -6500 L/M	Jam	304.640
7	Concrete Mixer	Jam	100.410
8	Concrete Mixer Truck	Jam	437.000
9	concrete vibrator	Jam	35.340
10	Crane 10-15 ton	Jam	558.180
11	diesel hammer	Jam	476.500
12	dump truck	Jam	361.620
13	Excavator	Jam	580.130
14	Generator set	Jam	490.560
15	Gerobak dorong	jam	7.500
16	Motor grader	jam	526.096
17	Stamper	jam	117.650
18	sheet pile hammer	jam	275.800
19	Thepdolit	jam	11.820
20	Water pump 70 -100 mm	jam	174.660
21	Water tanker (4000lt)	jam	125.540
22	vibrator roller	jam	433.099
23	wheel loader	jam	364.520
24	mestinas	jam	372.270

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI DALAM SATUAN METERS.

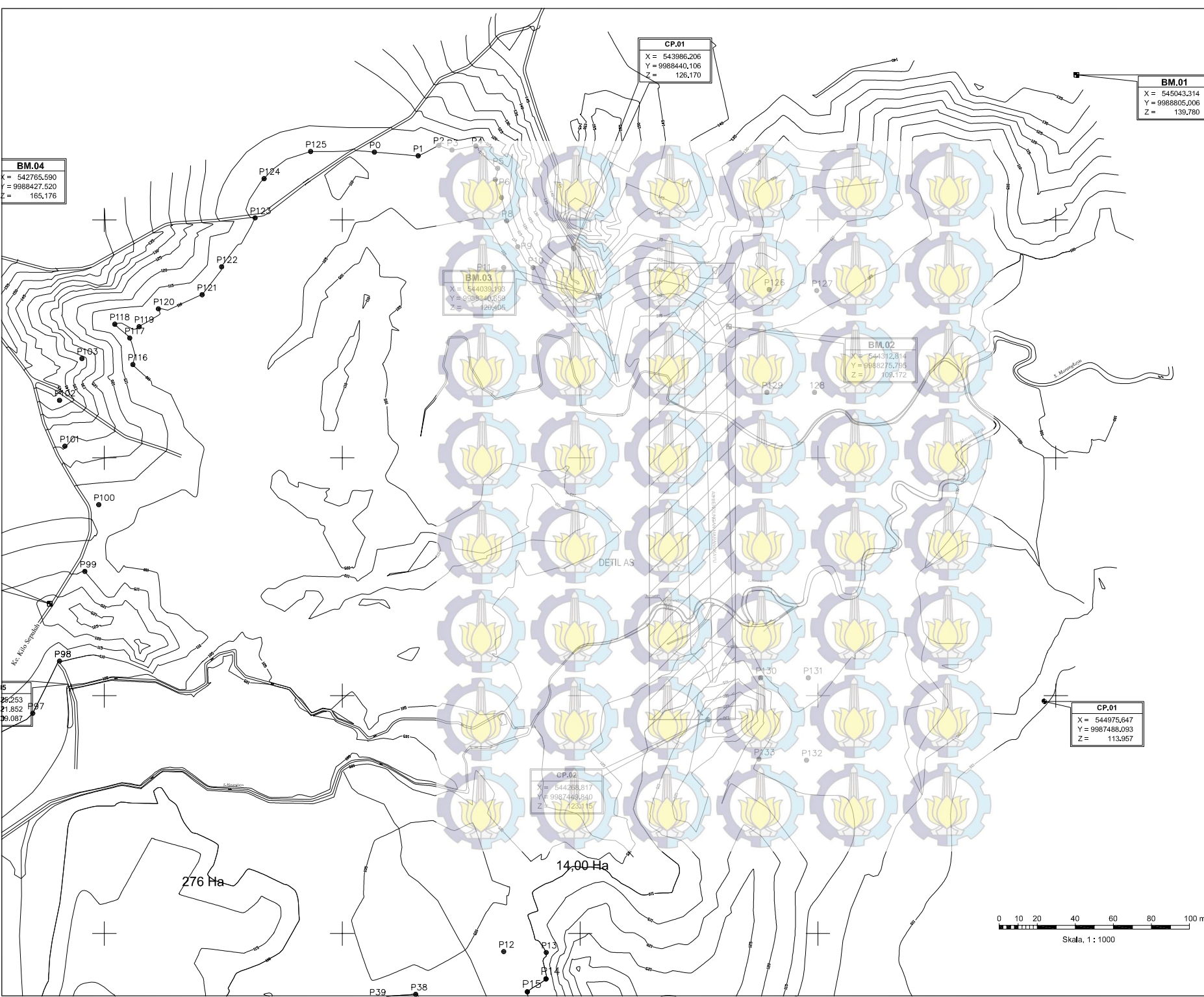
NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

TUGAS AKHIR
STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU DENGAN CUTOFF TRENCH DI HULU BENDUNGAN

JUDUL GAMBAR
LAYOUT BENDUNGAN MARANGKAYU

SKALA : 1 : 1000	UKURAN KERTAS : A4
TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR
NO. LEMBAR 001	0



CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI
DALAM SATUAN METERS.

NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

TUGAS AKHIR

**STUDI KESTABILAN BENDUNGAN
MARANGKAYU DENGAN CUTOFF
TRENCH DI HULU BENDUNGAN**

JUDUL GAMBAR

DETIL AS BENDUNGAN MARANGKAYU

SKALA : 1 : 400

UKURAN KERTAS : A4

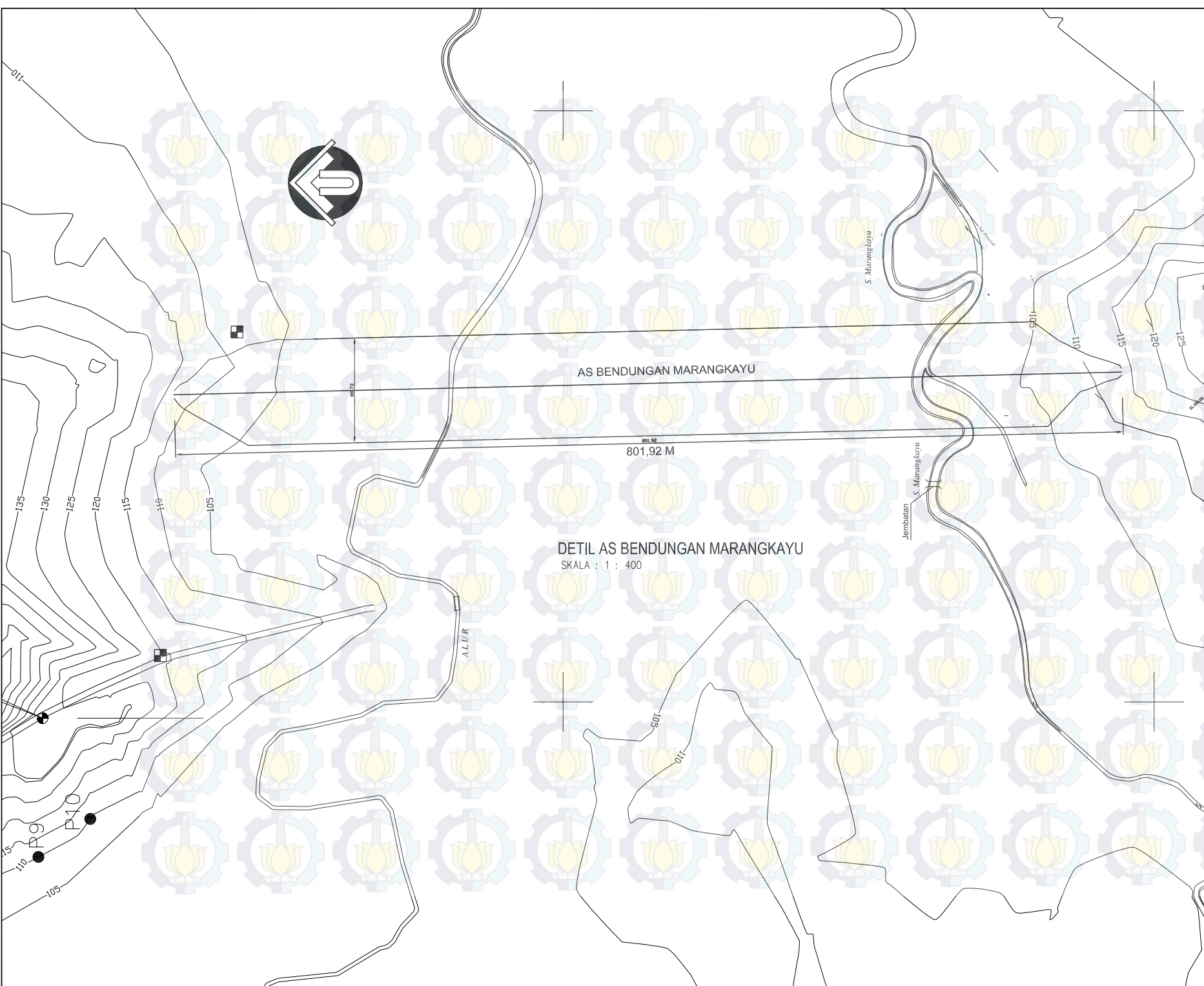
TUGAS AKHIR

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

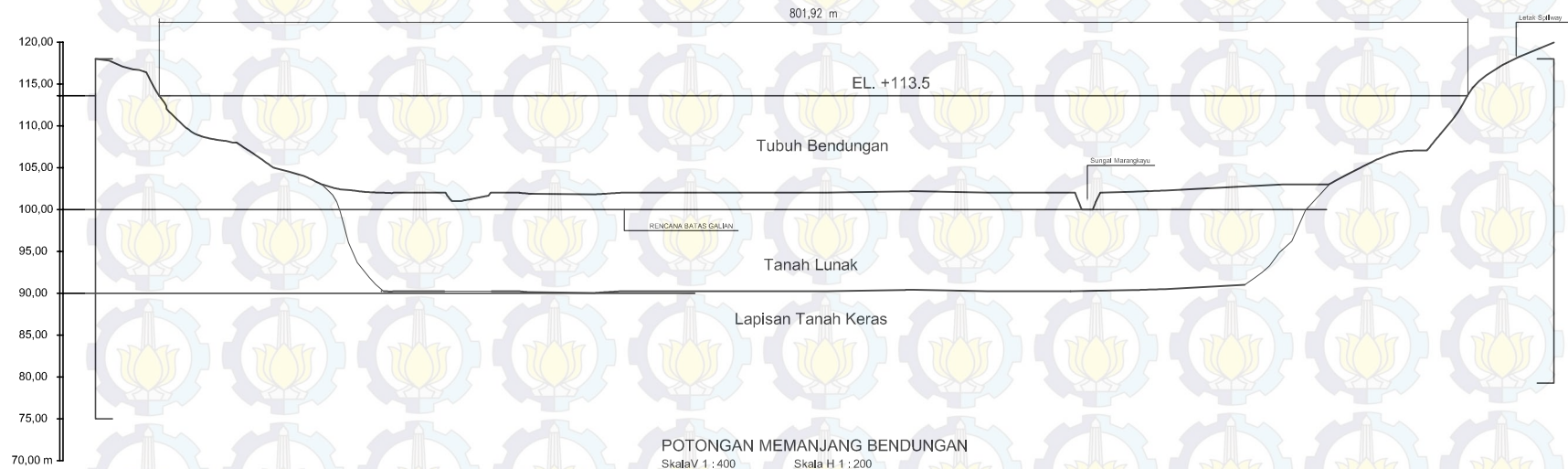
002

0



CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI DALAM SATUAN METERS.



NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

TUGAS AKHIR
**STUDI KESTABILAN BENDUNGAN
MARANGKAYU DENGAN CUTOFF
TRENCH DI HULU BENDUNGAN**

JUDUL GAMBAR
POTONGAN MEMANJANG AS BENDUNGAN

SKALA : 1 : 200 UKURAN KERTAS : A4

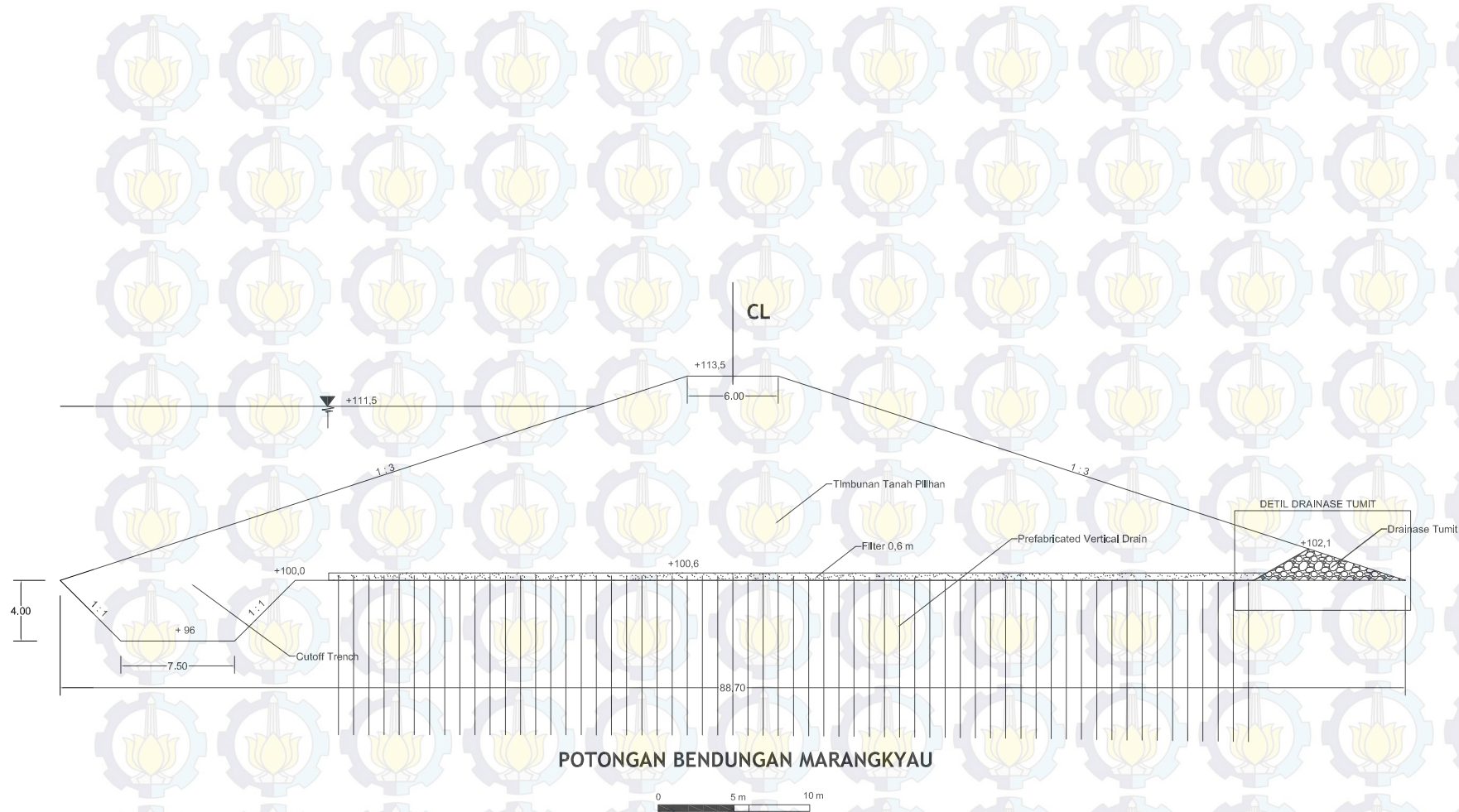
TUGAS AKHIR NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

003



CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI DALAM SATUAN METERS.



NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

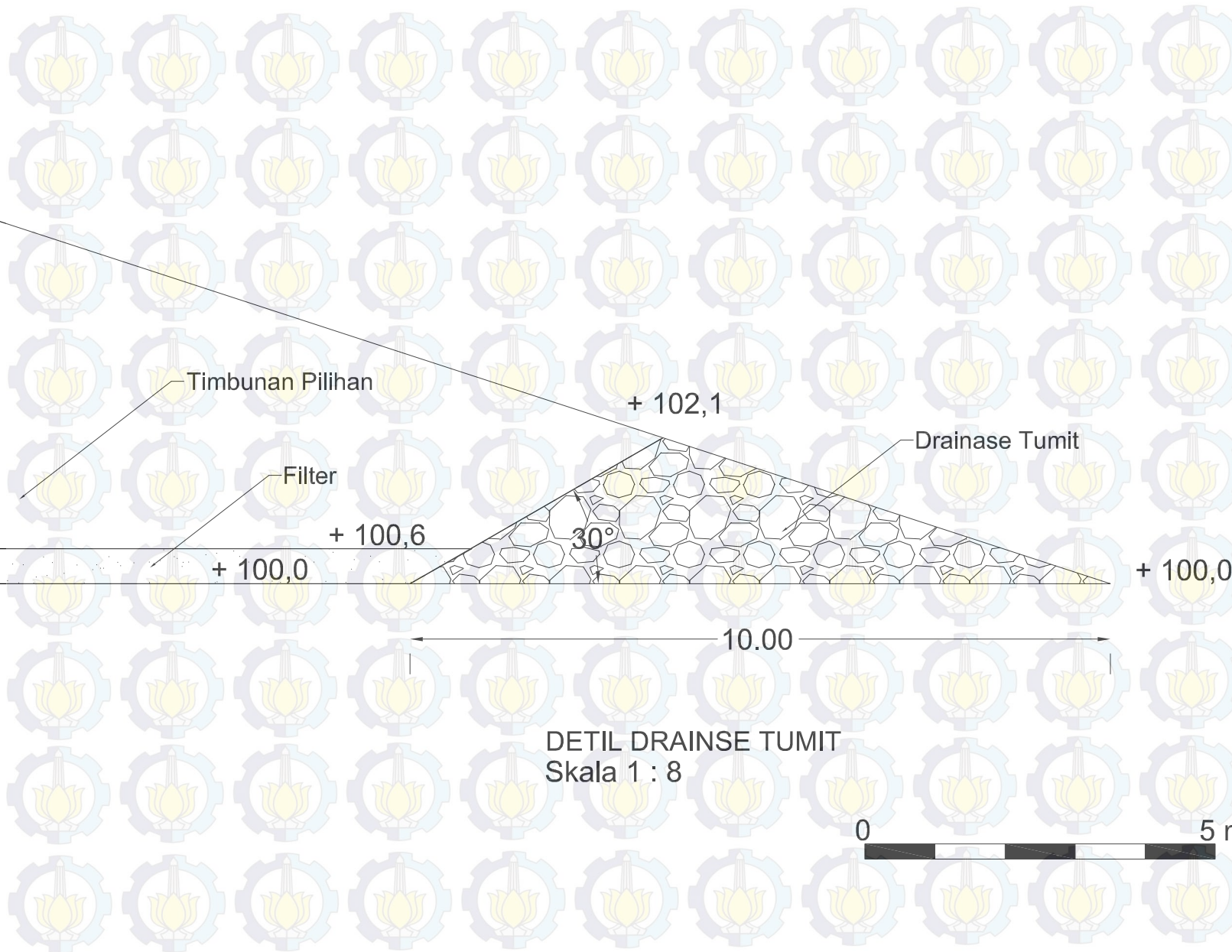
TUGAS AKHIR
**STUDI KESTABILAN BENDUNGAN
MARANGKYAU DENGAN CUTOFF
TRENCH DI HULU BENDUNGAN**

JUDUL GAMBAR
**POTONGAN MELINTANG
TUBUH BENDUNGAN**

SKALA : 1 : 40	UKURAN KERTAS : A4
TUGAS AKHIR	JUMLAH LEMBAR
NO. LEMBAR	0
004	

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI
DALAM SATUAN METERS.



DETIL DRAINASE TUMIT
Skala 1 : 8

NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

TUGAS AKHIR

STUDI KESTABILAN BENDUNGAN
MARANGKAYU DENGAN CUTOFF
TRENCH DI HULU BENDUNGAN

JUDUL GAMBAR

DETIL DRAINASE TUMIT

SKALA : 1 : 8

UKURAN KERTAS : A4

TUGAS AKHIR

NO. LEMBAR

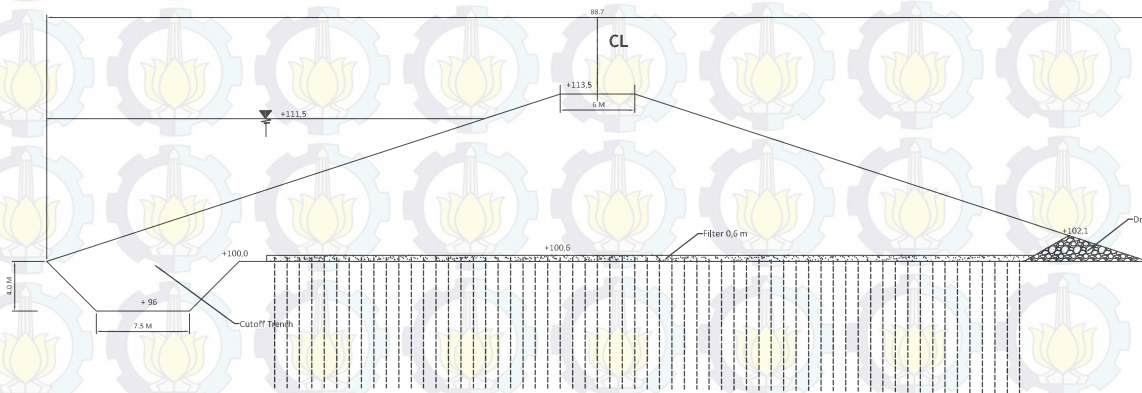
JUMLAH LEMBAR

005

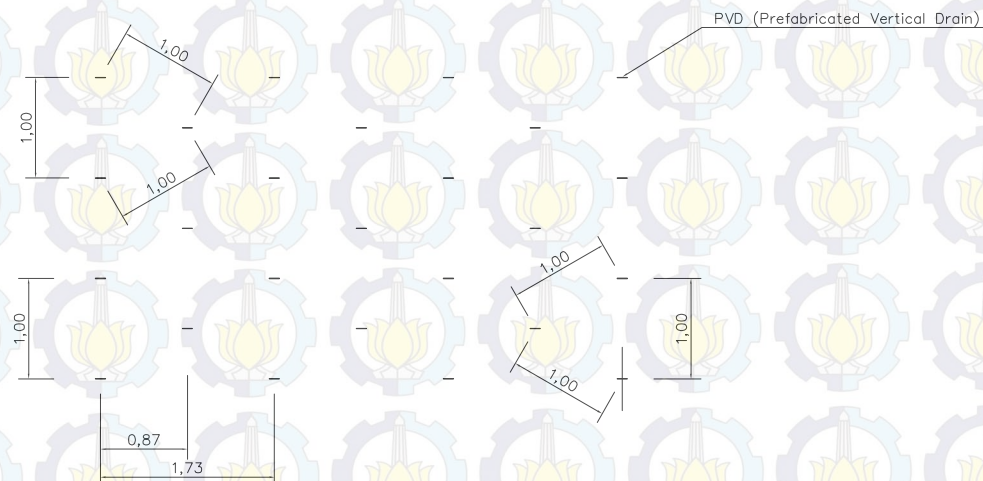
0

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI DALAM SATUAN METERS.



POT. MELINTANG TIPIKAL PEMASANGAN PVD



DETAIL POLA PEMASANGAN PVD

Skala 1 : 50

NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

TUGAS AKHIR

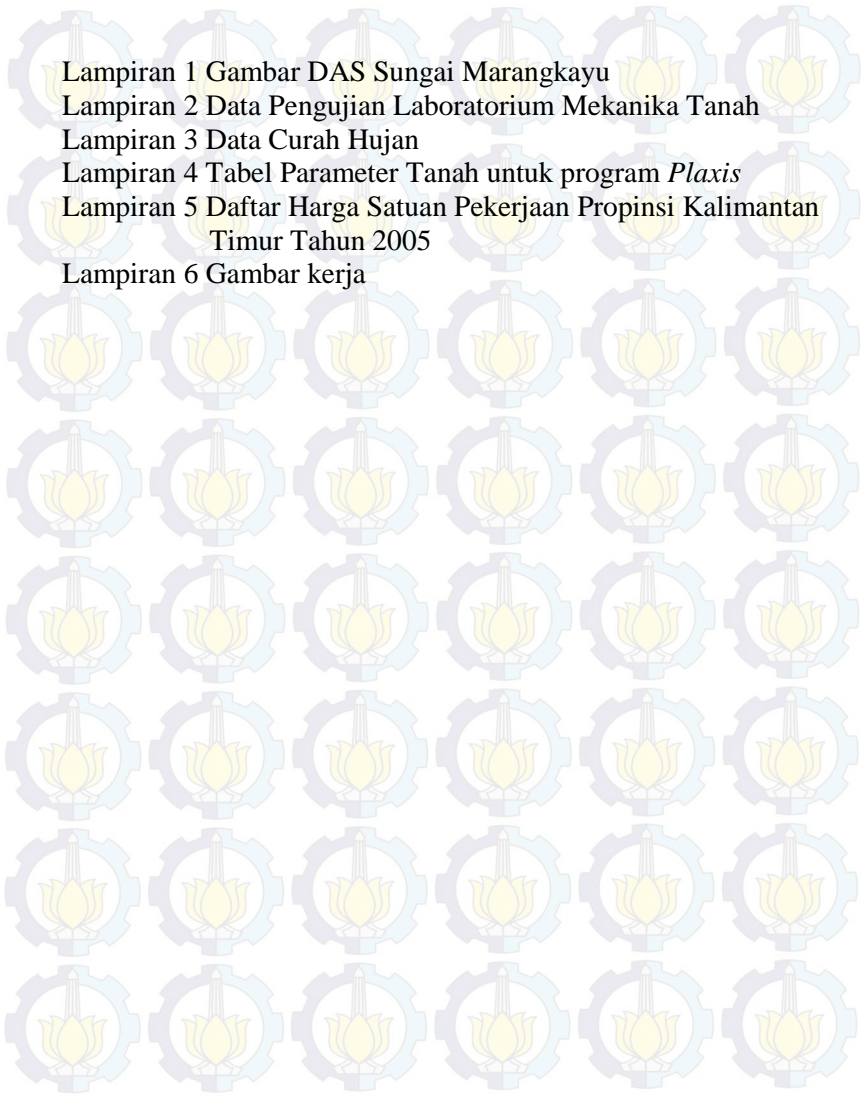
STUDI KESTABILAN BENDUNGAN
MARANGKAYU DENGAN CUTOFF
TRENCH DI HULU BENDUNGAN

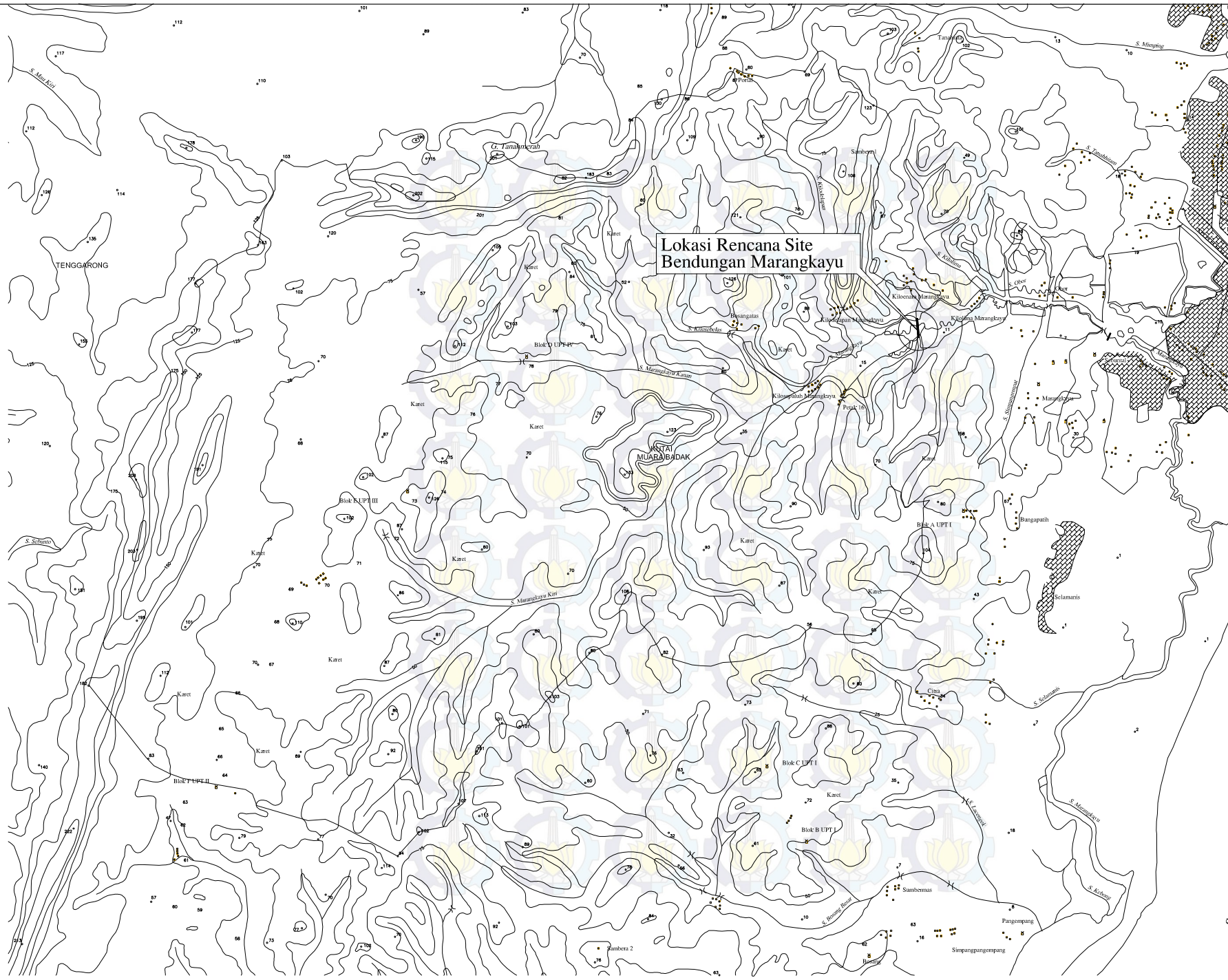
JUDUL GAMBAR

DENAH PEMASANGAN PVD
DETIL POLA SEGITIGA TIPIKAL PEMASANGAN PVD

SKALA : AS SHOWN	UKURAN KERTAS : A4
TUGAS AKHIR	NO. LEMBAR
	JUMLAH LEMBAR
006	0





DAFTAR LAMPIRAN

- 
- Lampiran 1 Gambar DAS Sungai Marangkayu
 - Lampiran 2 Data Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah
 - Lampiran 3 Data Curah Hujan
 - Lampiran 4 Tabel Parameter Tanah untuk program *Plaxis*
 - Lampiran 5 Daftar Harga Satuan Pekerjaan Propinsi Kalimantan Timur Tahun 2005
 - Lampiran 6 Gambar kerja



CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DALAM SATUAN MILIMETER, DAN UNTUK ELEVASI DALAM SATUAN METERS.

-  SUNGAI
-  BATAS DAS
-  KONTUR 1 M
-  KONTUR 5 M

NAMA MAHASISWA

GUNTARTO ACHMADI
NRP 3112105005

TUGAS AKHIR
STUDI KESTABILAN BENDUNGAN MARANGKAYU DENGAN CUTOFF TRENCH DI HULU BENDUNGAN

JUDUL GAMBAR
LAYOUT DAS SUNGAI MARANGKAYU

SKALA : 1 : 200	UKURAN KERTAS : A3
TUGAS AKHIR	NO. LEMBAR
LAMPIRAN	JUMLAH LEMBAR
	0

BORE HOLE	DEPTH (m)	USCS	GS	Wh %	Unit Weight of		Atterberg Limits			Particle Size Distribution			Consolidation			Triaxial CU			Triaxial UU			Penetration		e	g saturated
					em	ol	Liquid Limit %	Plastic Limit %	Index Plasticity %	Sand %	Silt %	Clay %	Cc	Cu	Cc	Cu	σ ₁ (kN/m ²)	σ ₃ (kN/m ²)	φ (deg)	σ ₁ (kN/m ²)	σ ₃ (kN/m ²)	δ (deg)	Ki		
BH-7	4.00-4.50	CH	2.611	28.91	1.724	1.337	95.62	26.77	68.85	10.06	37.58	52.36	0.00308	0.309	-	-	-	0.547	6.058	-	1.66E-07	1.41E-07	75.48	1918	
BH-8	3.00-3.50	CL	2.629	12.14	1.877	1.674	38.68	18.23	20.45	36.20	30.77	33.03	0.00209	0.184	-	-	-	0.529	18.292	-	2.24E-05	1.91E-05			
BH-9	1.50-2.00	CH	2.583	64.11	1.536	0.952	122.15	28.41	95.74	11.52	31.93	56.55	0.00031	0.608	23.37	12.48	22.76	19.41	-	3.88E-07	1.10E-07				
BH-9	7.00-7.60	CH	2.586	43.47	1.635	1.140	117.33	26.30	91.03	11.70	35.75	52.55	0.00180	0.394	34.99	15.49	31.62	23.77	-	8.58E-07	7.30E-07				
BH-10	5.00-5.50	SP	2.625	27.95	1.831	1.431	NP	NP	NP	61.11	29.68	9.21	0.00196	0.222	-	-	-	0.164	22.021	-	1.35E-03	1.15E-07	73.48	75	
BH-11	1.50-2.00	CH	2.578	45.90	1.603	1.089	127.25	27.54	99.71	9.89	34.23	55.88	0.00199	0.501	25.64	14.47	23.48	20.89	-	ND 1	4.30E-07	3.66E-07	118	3302	
BH-12	3.50-4.00	CH	2.588	60.87	1.591	0.989	132.86	28.31	104.55	10.48	36.26	53.26	0.00132	0.613	-	-	-	0.497	6.572	-	8.48E-07	7.21E-07	157	55316	
BH-13	1.50-1.80	CH	2.616	19.66	1.783	1.490	56.00	22.76	33.24	24.52	35.45	40.03	0.00278	0.235	-	-	-	0.693	17.033	-	1.53E-06	1.30E-06	51.43	656	
BH-14	1.50-2.00	CL	2.624	18.50	1.812	1.529	42.73	19.37	23.36	33.49	31.14	35.57	0.00134	0.223	26.14	12.54	23.49	18.91	-	1.66E-07	1.42E-07	48	544	2.095	
TP-12 (Block sample di Raw)	1.50-2.00	CH	2.607	49.21	1.603	1.074	113.42	27.51	85.91	12.04	33.90	54.06	0.00130	0.414	41.21	16.50	35.36	24.43	-	ND 1	8.88E-07	7.55E-07	128	2905	1.704
TP-13 (Block sample di Tanah As. Bendulno)	1.50-2.00	CH	2.596	40.06	1.674	1.195	108.99	25.97	83.02	13.29	34.24	52.47	0.00123	0.357	67.72	21.57	60.28	26.160	-	ND 1	9.20E-07	7.83E-07	103	9858	1.282

Data Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1978

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	2.8	x	x	2.2	5.6	7.5	4.7	x	21.6	x	x	1.3
2	x	0.8	x	8.5	9.7	3.4	11.3	4.3	x	18.5	x	x
3	1.1	x	x	x	x	2.0	2.1	x	32.7	7.3	x	1.0
4	2.5	17.9	9.1	x	x	3.5	19.1	6.6	0.6	10.2	2.6	16.0
5	x	x	6.6	x	1.1	6.0	5.8	11.8	x	0.2	14.5	x
6	7.7	x	6.0	37.9	52.0	1.3	4.6	x	22.9	20.0	4.4	x
7	40.5	x	3.6	3.7	14.2	8.0	x	30.7	47.0	x	1.1	x
8	x	0.3	x	27.1	25.2	18.7	x	0.6	13.8	22.9	x	x
9	77.0	17.6	27.7	15.1	4.2	14.5	x	x	x	x	23.3	2.0
10	x	1.0	20.2	x	2.9	0.8	14.7	0.1	5.0	x	x	8.7
11	x	2.8	3.8	x	7.5	x	1.8	x	9.0	x	34.0	x
12	x	4.0	x	0.5	x	0.5	0.8	x	7.0	x	1.8	54.6
13	x	0.5	x	x	4.5	0.6	10.5	1.0	x	x	58.0	x
14	x	0.5	x	1.0	x	5.5	0.5	1.0	31.5	1.8	1.0	x
15	x	x	x	x	x	x	x	x	1.2	x	x	1.2
16	x	1.9	x	10.9	31.2	x	1.2	0.2	3.0	x	1.0	x
17	0.5	14.1	x	9.0	x	x	x	5.2	x	21.4	12.4	x
18	6.9	21.2	10.7	103.0	x	28.0	0.3	x	x	x	0.7	x
19	3.6	x	x	43.7	x	5.0	x	x	3.0	x	x	4.2
20	x	8.0	x	x	x	x	x	x	x	37.2	x	x
21	13.8	x	x	2.6	0.2	2.0	x	31.5	0.3	0.8	2.3	6.2
22	0.5	30.0	x	x	x	x	x	x	x	x	2.5	10.5
23	11.7	x	23.9	x	3.6	x	x	x	x	6.5	14.3	1.3
24	12.1	3.9	5.7	x	x	x	0.4	x	0.4	5.7	x	4.8
25	3.8	x	3.7	0.1	1.6	1.6	0.3	x	1.8	x	8.7	20.5
26	1.8	x	x	7.0	14.6	20.8	3.2	x	1.6	x	x	3.7
27	0.8	x	8.3	x	x	34.0	1.5	x	x	21.2	39.5	0.6
28	31.1	x	x	x	x	1.8	x	x	x	0.2	3.5	3.5
29	4.0		x	2.0	1.0	17.8	x	x	7.0	0.3	11.6	x
30	x		x	56.0	2.0	x	x	0.2	x	11.8	x	4.0
31	x		x				x	x		x	x	x
Dasarian :												
01-10	131.6	37.6	73.2	94.5	114.9	65.7	62.3	54.1	143.6	79.1	45.9	29.0
11-20	11.0	53.0	14.5	168.1	43.2	39.6	15.1	7.4	54.7	60.4	108.9	60.0
21-31	79.6	33.9	41.6	67.7	23.0	78.0	5.4	31.7	11.1	46.5	82.4	55.1
Bulanan :												
Jumlah	222.2	124.5	129.3	330.3	181.1	183.3	82.8	93.2	209.4	186.0	237.2	144.1
Max.	77.0	30.0	27.7	103.0	52.0	34.0	19.1	31.5	47.0	37.2	58.0	54.6
Rata-rata	7.2	4.4	4.2	11.0	5.8	6.1	2.7	3.0	7.0	6.0	7.9	4.6
Hari hujan	18	15	12	17	17	21	17	12	18	16	19	17

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2123.4

Max. 103.0

Hari hujan 199

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1979

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	x	x	1.0	x	5.6	1.4	6.8	x	x	x
2	14.0	11.0	x	x	11.0	x	x	x	10.1	x	x	28.4
3	x	3.0	x	19.4	6.3	x	3.0	x	7.6	x	x	1.7
4	x	25.0	7.5	x	44.0	0.6	x	x	3.4	x	x	1.4
5	x	1.0	x	x	26.0	x	x	9.2	9.1	x	x	42.7
6	7.0	x	26.2	10.1	0.1	28.0	x	3.1	28.6	x	x	8.9
7	2.0	x	x	32.7	32.7	4.0	24.3	x	5.0	x	11.0	9.0
8	x	x	x	x	x	2.5	x	x	x	x	x	x
9	1.0	x	x	x	x	4.5	3.6	4.4	x	x	0.8	11.8
10	13.0	24.0	x	x	x	2.8	6.8	x	4.0	x	22.3	18.0
11	28.0	x	26.1	3.0	0.3	1.0	0.5	x	x	x	x	8.7
12	x	x	2.9	x	x	x	x	x	x	x	x	10.7
13	x	x	0.3	29.3	x	x	12.3	x	x	x	4.1	x
14	2.0	2.0	x	66.3	x	2.0	x	x	4.7	x	3.7	x
15	12.0	2.0	x	4.9	x	0.6	1.0	x	x	x	7.6	x
16	x	x	x	33.2	x	x	x	x	x	x	0.8	4.6
17	x	x	5.2	0.6	x	x	x	x	x	1.7	x	x
18	x	31.0	10.5	x	x	12.9	7.7	x	2.7	0.5	x	35.5
19	x	x	x	7.9	x	6.7	x	x	2.2	45.6	2.1	2.0
20	x	11.0	12.5	x	1.2	0.8	x	x	2.2	x	6.6	x
21	x	x	x	77.2	x	6.0	x	20.3	45.0	7.2	0.3	x
22	x	x	x	2.8	35.2	x	x	x	14.0	x	1.5	x
23	x	4.0	x	1.0	20.0	x	x	x	2.3	0.7	x	x
24	x	3.0	0.4	9.5	x	7.5	x	x	x	x	x	x
25	x	6.0	13.0	1.8	0.8	1.8	x	3.5	1.0	7.0	3.4	19.8
26	7.0	3.0	1.0	x	9.5	2.8	x	x	x	5.0	4.8	x
27	16.0	2.0	7.0	1.7	x	x	x	x	x	x	7.5	x
28	x	x	5.5	x	x	3.8	x	1.5	x	x	28.0	24.3
29	x		14.3	2.3	1.0	x	x	x	x	x	13.0	x
30	1.0		x	15.0	1.5		x	1.7	x	2.5	x	x
31	32.0		x		1.1			2.1		34.0		x
Dasarian :												
01-10	37.0	64.0	33.7	62.2	121.1	42.4	43.3	18.1	74.6	0.0	34.1	121.9
11-20	42.0	46.0	57.5	145.2	1.5	24.0	21.5	0.0	11.8	47.8	24.9	61.5
21-31	56.0	18.0	41.2	111.3	69.1	21.9	0.0	29.1	62.3	56.4	58.5	44.1
Bulanan :												
Jumlah	135.0	128.0	132.4	318.7	191.7	88.3	64.8	47.2	148.7	104.2	117.5	227.5
Max.	32.0	31.0	26.2	77.2	44.0	28.0	24.3	20.3	45.0	45.6	28.0	42.7
Rata-rata	4.4	4.6	4.3	10.6	6.2	2.9	2.1	1.5	5.0	3.4	3.9	7.3
Hari hujan	12	14	14	18	16	17	9	9	16	9	16	15

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1704.0

Max. 77.2

Hari hujan 165

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1980

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	8.9	0.4	x	x	x	x	x	7.4	x	x	1.8
2	x	x	x	x	x	45.0	x	x	x	x	2.4	x
3	23.0	x	0.4	x	1.5	2.0	x	8.3	x	x	0.2	5.0
4	x	19.0	5.8	x	0.3	x	x	46.3	0.7	11.0	x	3.7
5	39.0	0.5	x	x	9.7	x	14.4	x	x	2.3	x	x
6	x	x	x	6.6	11.2	22.0	x	9.4	x	2.0	x	6.6
7	x	x	0.8	1.4	2.6	2.0	6.0	x	x	1.4	x	58.5
8	x	x	x	x	6.4	6.0	x	5.3	x	x	55.5	x
9	1.3	x	x	x	3.4	x	x	1.8	x	x	x	10.6
10	1.1	x	5.2	x	25.1	34.0	x	0.5	x	x	x	x
11	x	19.0	x	5.8	0.9	x	x	0.4	x	x	3.4	47.0
12	x	56.0	x	4.6	19.0	x	x	17.6	x	0.4	28.8	6.4
13	x	x	x	2.3	2.5	x	x	x	3.6	21.3	x	x
14	0.7	x	73.0	0.7	x	2.0	x	67.5	x	7.3	x	7.7
15	x	9.4	x	14.9	27.1	1.0	8.8	x	10.3	15.7	x	0.4
16	8.6	x	x	1.7	x	10.0	1.3	x	x	0.6	x	1.4
17	1.8	18.0	3.6	3.9	x	x	x	x	x	0.8	x	x
18	18.9	x	4.2	2.4	1.6	6.0	x	0.6	x	1.6	x	8.4
19	x	x	x	x	6.6	x	x	18.5	3.6	x	27.6	5.8
20	5.5	x	3.5	8.6	x	21.0	13.2	x	0.6	x	7.6	28.3
21	x	x	x	73.7	x	4.0	0.6	x	x	x	x	2.7
22	x	x	10.0	x	x	x	37.5	1.9	x	7.9	x	x
23	14.5	x	11.0	0.2	x	32.0	2.7	3.1	x	x	x	x
24	3.5	22.4	x	x	x	x	14.5	4.9	x	2.8	13.6	21.5
25	9.0	x	8.9	15.4	5.0	x	0.1	0.9	12.7	7.8	x	x
26	0.6	x	x	6.0	0.2	4.0	20.5	2.7	x	2.0	22.3	0.6
27	x	2.0	x	x	16.5	5.0	2.4	x	x	0.9	x	x
28	x	x	2.0	x	2.0	11.0	3.2	x	x	x	0.6	x
29	x	21.0	x	0.8	5.5	17.0	x	x	x	x	x	x
30	x		x	x	2.2	x	2.7	x	x	3.5	x	x
31	16.5		5.6		x		x	x	x			43.1
Dasarian :												
01-10	64.4	28.4	12.6	8.0	60.2	111.0	20.4	71.6	8.1	16.7	58.1	86.2
11-20	35.5	102.4	84.3	44.9	57.7	40.0	23.3	104.6	18.1	47.7	67.4	105.4
21-31	44.1	45.4	37.5	96.1	31.4	73.0	84.2	13.5	12.7	24.9	36.5	67.9
Bulanan :												
Jumlah	144.0	176.2	134.4	149.0	149.3	224.0	127.9	189.7	38.9	89.3	162.0	259.5
Max.	39.0	56.0	73.0	73.7	27.1	45.0	37.5	67.5	12.7	21.3	55.5	58.5
Rata-rata	4.6	6.3	4.3	5.0	4.8	7.5	4.1	6.1	1.3	2.9	5.4	8.4
Hari hujan	14	10	14	16	20	17	14	16	7	17	10	18

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1844.2

Max. 73.7

Hari hujan 173

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1981

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	2.0	9.8	x	x	x	x	x	43.3	x	x	2.5
2	0.2	x	x	x	x	x	x	x	3.6	6.5	x	2.5
3	24.0	x	x	1.7	10.9	1.2	x	12.2	15.6	x	32.7	11.3
4	2.5	x	x	x	27.8	x	x	x	26.6	18.0	20.0	11.1
5	0.6	x	20.0	16.6	1.5	8.5	41.8	x	8.0	2.8	3.0	x
6	3.8	x	41.0	1.2	21.4	5.8	30.5	x	x	x	5.3	0.3
7	9.7	15.5	x	1.8	x	1.8	x	x	32.0	x	43.0	1.0
8	x	x	x	2.7	x	x	7.1	x	x	x	x	8.8
9	9.4	x	x	x	x	x	x	x	1.4	28.4	x	13.4
10	2.1	35.6	x	x	0.7	x	2.5	x	19.4	7.0	x	6.3
11	x	x	x	28.7	30.2	1.3	5.0	x	14.2	0.6	24.9	x
12	3.8	5.0	x	20.0	1.4	x	7.7	x	6.3	1.7	x	x
13	23.0	x	x	18.2	14.6	11.2	0.5	x	29.2	x	2.3	18.1
14	x	18.6	x	35.5	0.4	x	x	x	3.6	x	6.8	11.8
15	x	29.6	x	x	15.2	x	1.6	x	x	2.9	16.6	26.0
16	x	x	x	11.7	x	x	x	x	x	2.6	2.3	6.0
17	x	x	x	9.7	x	26.2	x	x	x	x	21.8	10.0
18	x	4.7	x	36.7	5.5	x	2.5	x	x	3.9	2.6	x
19	x	1.8	x	33.6	x	42.0	x	10.8	x	x	2.5	x
20	x	x	x	32.6	2.2	x	0.6	1.4	x	x	3.6	16.2
21	x	x	x	x	4.0	x	1.6	x	x	33.7	x	1.6
22	5.0	2.2	x	3.8	48.5	0.7	6.0	x	145.5	10.8	37.4	12.5
23	x	x	x	9.0	0.4	25.6	4.0	x	x	x	x	x
24	x	x	1.0	x	1.3	x	8.5	x	x	22.0	x	4.0
25	x	x	1.1	14.8	x	0.4	8.2	x	1.0	x	x	7.6
26	7.5	13.5	4.0	0.5	0.3	7.8	2.0	0.3	x	x	1.2	x
27	x	x	x	14.2	6.5	1.7	7.2	12.0	1.0	33.0	2.3	16.5
28	x	x	35.1	x	0.5	x	6.1	1.2	x	0.7	x	0.8
29	x	x	36.0	x	0.3	x	x	x	x	5.0	4.3	6.2
30	2.5		2.2	1.2	0.5	41.0	x	6.3	x	x	9.6	x
31	4.8		10.0		x		x	9.0	x	3.3		x
Dasarian :												
01-10	52.3	53.1	70.8	24.0	62.3	17.3	81.9	12.2	149.9	62.7	104.0	57.2
11-20	26.8	59.7	0.0	226.7	69.5	80.7	17.9	12.2	53.3	11.7	83.4	88.1
21-31	19.8	15.7	89.4	43.5	62.3	77.2	43.6	28.8	147.5	108.5	54.8	41.6
Bulanan :												
Jumlah	98.9	128.5	160.2	294.2	194.1	175.2	143.4	53.2	350.7	182.9	242.2	186.9
Max.	24.0	35.6	41.0	36.7	48.5	42.0	41.8	12.2	145.5	33.7	43.0	26.0
Rata-rata	3.2	4.6	5.2	9.8	6.3	5.8	4.6	1.7	11.7	5.9	8.1	6.0
Hari hujan	14	10	10	20	21	14	18	8	15	17	19	22

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2210.4

Max. 145.5

Hari hujan 188

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1982

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	x	0.1	11.7	2.0	x	x	x	x	x	x
2	1.4	x	28.0	x	x	5.5	x	5.5	x	x	x	23.0
3	2.1	25.4	1.0	x	9.1	x	x	x	x	x	x	31.3
4	x	19.4	x	x	0.4	36.3	x	x	x	x	1.5	1.9
5	x	32.1	x	7.6	x	0.2	x	x	x	x	0.7	1.2
6	21.1	2.8	x	x	5.0	x	x	x	x	x	x	x
7	20.6	11.4	77.0	10.3	9.5	1.6	x	x	x	x	2.5	x
8	17.6	x	5.0	1.4	13.7	0.6	x	x	x	x	x	85.6
9	57.2	1.0	1.0	0.4	x	x	8.0	18.0	x	x	x	0.5
10	53.6	10.4	2.0	4.1	x	5.0	x	x	x	x	0.8	x
11	1.5	3.4	x	6.1	x	10.3	x	x	x	x	x	9.1
12	x	x	x	x	16.2	0.2	x	4.5	x	x	x	1.4
13	5.7	6.0	1.0	0.7	20.7	x	x	x	x	15.5	x	x
14	4.0	19.2	x	x	6.9	6.5	x	x	5.5	x	x	x
15	0.7	0.5	x	10.2	x	10.2	x	x	40.0	x	x	6.2
16	0.1	x	4.0	25.5	x	0.2	x	x	0.3	7.3	5.5	x
17	x	26.0	12.0	x	x	8.0	0.7	x	x	6.6	4.3	x
18	x	x	10.0	x	13.6	0.8	x	x	x	0.5	x	x
19	x	x	x	x	7.0	2.5	x	x	x	x	31.5	16.1
20	x	x	25.0	30.0	x	x	x	x	x	x	38.0	11.0
21	x	2.5	x	4.0	x	x	x	x	x	x	7.9	x
22	4.6	5.7	x	x	5.7	x	x	x	x	x	x	x
23	2.7	x	1.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
24	x	x	15.0	x	x	x	x	x	x	x	x	x
25	1.7	7.7	8.0	11.7	x	x	x	x	x	x	x	1.7
26	1.2	0.6	1.0	4.5	4.7	x	x	x	0.5	x	x	x
27	6.7	x	25.0	36.9	x	x	x	x	10.1	6.5	x	x
28	x	x	1.0	x	1.1	x	x	x	x	11.2	x	8.8
29	x	x	x	1.1	15.0	x	x	x	x	x	x	4.9
30	x	x	34.0	x	6.3	x	x	x	5.8	x	x	x
31	x	x	31.0	x	x	x	x	x	x	x	x	0.8
Dasarian :												
01-10	173.6	102.5	114.0	23.9	49.4	51.2	8.0	23.5	0.0	0.0	5.5	143.5
11-20	12.0	55.1	52.0	72.5	64.4	38.7	0.7	4.5	45.8	14.4	79.3	43.8
21-31	16.9	16.5	116.0	58.2	32.8	0.0	0.0	0.0	16.4	17.7	7.9	16.2
Bulanan :												
Jumlah	202.5	174.1	282.0	154.6	146.6	89.9	8.7	28.0	62.2	32.1	92.7	203.5
Max.	57.2	32.1	77.0	36.9	20.7	36.3	8.0	18.0	40.0	11.2	38.0	85.6
Rata-rata	6.5	6.2	9.1	5.2	4.7	3.0	0.3	0.9	2.1	1.0	3.1	6.6
Hari hujan	17	16	19	16	16	15	2	3	6	5	9	15

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1476.9

Max. 85.6

Hari hujan 139

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1983

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	x	x	x	x	x	x	x	1.1	x	8.8	1.7
2	x	x	x	x	x	6.6	x	x	7.7	x	0.4	7.7
3	x	x	x	x	8.7	x	x	x	x	x	x	10.5
4	x	x	x	x	0.8	16	1.2	x	4	0.6	x	0.6
5	x	x	x	x	x	38	x	x	26.4	1	4	x
6	x	x	72	x	x	15.2	x	0.2	x	1.9	11.6	4
7	x	3.4	x	x	x	x	x	x	x	x	29.2	3.2
8	x	x	x	x	x	51.6	1.6	x	26.2	0.4	9	x
9	x	x	x	x	11	3	11	64	x	x	x	x
10	x	x	x	x	8.3	6.8	3.6	x	9.3	x	x	4.8
11	x	x	x	x	x	1.5	17.8	x	0.6	x	13.5	x
12	x	x	x	1.8	x	45.6	1	x	0.8	x	1.7	1.5
13	x	x	x	x	15.6	5	x	x	17.8	x	x	19.2
14	x	x	x	x	2	0.8	x	3.7	2.1	x	0.8	0.8
15	x	x	x	x	23.3	1.2	x	x	2	x	0.1	1.6
16	x	x	x	x	8.3	2.7	x	11	1	x	0.8	11.9
17	x	x	x	x	x	x	14.3	x	x	x	52.7	x
18	x	x	x	x	0.8	x	x	x	x	2.3	7	x
19	x	x	x	x	0.4	3	x	x	x	x	8.6	16.9
20	6	x	x	x	x	1.4	x	1	x	13.5	24.2	34.8
21	1.6	x	x	x	x	30.3	x	x	x	1.5	x	x
22	x	x	x	1.2	13	10.2	x	13	x	x	0.5	21.5
23	7.6	x	x	2.2	139	7	20.4	1	x	18.5	0.8	3.8
24	x	x	x	x	2.8	x	0.4	2.5	x	2.7	x	6.8
25	1.3	x	x	x	x	1	14.5	x	0.6	x	x	6.4
26	4.6	x	x	x	x	18.3	x	x	0.6	x	x	2.9
27	2.6	x	x	0.9	2	x	x	x	2.9	x	1.6	21
28	x	x	x	47	4	x	x	x	28.2	x	7.7	x
29	x	x	x	x	x	8.3	x	x	x	16.9	x	1.2
30	x	x	x	0.6	x	x	x	5.8	x	16.9	x	0.7
31	x	x	x	x	x	x	23.8	x	x	x	x	15.4
Dasarian :												
01-10	0.0	3.4	72.0	0.0	28.8	137.2	17.4	64.2	74.7	3.9	63.0	32.5
11-20	6.0	0.0	0.0	1.8	50.4	61.2	33.1	15.7	24.3	15.8	109.4	86.7
21-31	17.7	0.0	0.0	51.9	160.8	75.1	59.1	22.3	32.3	56.5	10.6	79.7
Bulanan :												
Jumlah	23.7	3.4	72.0	53.7	240.0	273.5	109.6	102.2	131.3	76.2	183.0	198.9
Max.	7.6	3.4	72.0	47.0	139.0	51.6	23.8	64.0	28.2	18.5	52.7	34.8
Rata-rata	0.8	0.1	2.3	1.8	7.7	9.1	3.5	3.3	4.4	2.5	6.1	6.4
Hari hujan	6	1	1	6	15	21	11	9	16	11	19	23

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 1467.5

Max. 139.0

Hari hujan 139

DATA CURAH HUJAN
Tahun 1984

Tanggal	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des
1	x	2.6	9.4	8.9	2.1	x	9.5	6.6	4.6	x	13.0	x
2	x	0.6	11.5	x	1.0	1.8	0.5	0.3	5.9	9.8	x	13.5
3	31.8	9.9	0.7	x	x	3.6	x	1.4	x	x	x	6.2
4	x	1.9	16.0	x	38.3	6.5	3.2	0.3	12.4	x	x	x
5	x	x	1.8	6.5	1.2	17.9	54.6	x	0.6	x	28.6	40.9
6	0.5	6.2	x	x	2.9	0.8	x	6.2	0.4	x	1.6	5.6
7	x	3.6	29.3	1.0	x	16.9	x	0.4	9.3	x	x	x
8	x	1.8	0.5	0.5	3.5	11.3	30.5	x	1.2	x	1.7	1.0
9	x	x	3.4	x	1.4	14.2	47.9	x	3.2	x	2.0	2.0
10	x	1.2	x	1.8	4.0	7.5	0.4	1.2	10.1	x	x	3.7
11	x	2.7	1.6	18.8	4.2	x	9.3	x	16.3	x	0.2	12.9
12	x	9.8	x	7.4	11.0	5.9	4.6	13.0	19.3	x	4.6	x
13	8.7	0.7	8.5	0.9	0.3	x	18.4	4.7	7.1	x	0.7	0.9
14	24.8	1.3	x	17.6	18.9	x	10.0	x	x	2.4	1.8	2.0
15	1.5	1.0	53.1	x	x	0.9	2.9	x	12.8	4.5	x	x
16	2.6	x	5.8	2.8	2.0	1.2	4.7	x	0.4	x	x	x
17	13.9	x	2.3	15.2	46.1	x	13.6	x	5.4	6.0	x	3.6
18	x	0.9	28.5	0.4	2.4	2.1	28.5	x	x	x	x	66.6
19	x	1.0	6.0	x	19.8	1.0	6.5	x	x	40.7	x	5.6
20	1.8	22.7	x	17.7	1.7	x	38.0	x	x	0.5	x	x
21	63.3	1.5	0.2	2.4	x	x	6.8	x	x	x	x	5.6
22	10.1	1.5	13.6	x	37.4	x	21.6	x	x	x	49.8	0.4
23	x	3.3	0.3	x	15.9	5.0	0.6	0.4	x	x	x	x
24	x	7.5	0.9	x	4.4	11.0	8.4	1.0	x	x	4.6	x
25	x	x	x	x	x	5.3	x	x	x	6.5	x	x
26	x	x	2.1	81.0	10.4	0.4	x	x	0.2	x	14.6	x
27	20.5	x	12.2	24.8	9.4	13.0	3.0	x	x	x	2.0	x
28	0.9	5.4	13.2	2.6	21.4	8.0	2.0	x	x	x	0.6	36.2
29	x	4.4	x	115.8	6.3	x	x	x	x	3.8	x	8.0
30	5.2	x	x	0.2	x	x	x	x	0.6	1.2	14.4	42.2
31	6.8	x	13.2	x	20.9	x	3.4	13.7	x	x	x	7.6
Dasarian :												
01-10	32.3	27.8	72.6	18.7	54.4	80.5	146.6	16.4	47.7	9.8	46.9	72.9
11-20	53.3	40.1	105.8	80.8	106.4	11.1	136.5	17.7	61.3	54.1	7.3	91.6
21-31	106.8	23.6	55.7	226.8	126.1	42.7	45.8	15.1	0.8	11.5	86.0	100.0
Bulanan :												
Jumlah	192.4	91.5	234.1	326.3	286.9	134.3	328.9	49.2	109.8	75.4	140.2	264.5
Max.	63.3	22.7	53.1	115.8	46.1	17.9	54.6	13.7	19.3	40.7	49.8	66.6
Rata-rata	6.2	3.3	7.6	10.9	9.3	4.5	10.6	1.6	3.7	2.4	4.7	8.5
Hari hujan	14	22	23	19	25	20	24	12	17	9	15	19

Sumber : Stasiun Temindung

Tahunan :

Jumlah 2233.5

Max. 115.8

Hari hujan 219