

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS LERENG DAN REMBESAN PADA BENDUNGAN RANDUGUNTING DI BLORA JAWA TENGAH MENGUNAKAN PLAXIS 8.6 DAN GEOSTUDIO 2018 R2

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang**



Disusun Oleh :

**Irwan Yulianto P.
30.2017.00.087**

**Muhammad Wahyu Aji S.
30.2017.00.128**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
SEMARANG**

2021



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)**

FAKULTAS TEKNIK

Jl. Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.500 Semarang 50112
e-mail : ft@unissula.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS STABILITAS LERENG DAN REMBESAN PADA
BENDUNGAN RANDUGUNTING DI BLORA JAWA TENGAH
MENGUNAKAN PLAXIS 8.6 DAN GEOSTUDIO 2018 R2**

Oleh :



Irwan Yulianto P.
30.2017.00.087



Muhammad Wahyu Aji S.
30.2017.00.128

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal Juli 2021

Oleh :

Tim Penguji

1. Lisa Fitriyana ST., M.Eng. (Dosen Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Soedarsono. M. Si. (Dosen Pembimbing II)
3. Ir. Muh. Faiqun Niam. MT. Ph.D (Dosen Pembimbing)

Tanda Tangan

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNISSULA



(M. Rusli Ahyar. ST., M.Eng.)



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

FAKULTAS TEKNIK

Jl. Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.500 Semarang 50112
e-mail : ft@unissula.ac.id

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI

No. ... / ... / ... / ... /15 Juli 2021

Pada hari ini, Senin, tanggal 26 Maret 2021 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Lisa Fitriyana ST., M.Eng.
Jabatan Struktural : Wakil Dekan II
Jabatan Akademik : Dosen pembimbing I
2. Nama : Dr. Ir. Soedarsono. M.Si.
Jabatan Struktural : Rektor Kepala
Jabatan Akademik : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir/Skripsi:

1. Nama : Irwan Yulianto P.
2. Nama : Muhammad Wahyu Aji Setyo
Judul : Analisis Stabilitas Lereng dan Rembesan pada Bendungan Randugunting di Blora Jawa Tengah Menggunakan Plaxis 8.6 dan Geostudio 2018 R2.

Dengan tahapan sebagai berikut:

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	26 Maret 2021	-
2	Pengumpulan Data	27 Maret 2021	-
3	Penyusunan Laporan	30 Maret 2021	-
4	Laporan Tugas Akhir	3 Agustus 2021	Acc

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I

(Lisa Fitriyana. ST., M.Eng.)

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Soedarsono. M.Si.)



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

(M. Rusli Akbar. ST., M.Eng.)

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI DAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Irwan Yulianto P.

NIM : 30201700087

2. Nama : Muhammad Wahyu Aji Setyo

NIM : 30201700128

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS STABILITAS LERENG DAN REMBESAN PADA
BENDUNGAN RANDUGUNTING DI BLORA JAWA TENGAH
MENGUNAKAN PLAXIS 8.6 DAN GEOSTUDIO 2018 R2”**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri dan bebas plagiasi. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan dan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dengan surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Juli 2021
Yang Membuat Pernyataan

Mahasiswa,


Irwan Yulianto P.
30.2017.00.087




Muhammad Wahyu Aji S.
30.2017.00.128



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

يُؤْتِي الْحِكْمَةَ مَنْ يَشَاءُ وَمَنْ يُؤْتَ الْحِكْمَةَ فَقَدْ أُوتِيَ خَيْرًا كَثِيرًا وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ

“Dia memberikan hikmah kepada siapa yang Dia kehendaki. Barangsiapa diberi hikmah, sesungguhnya dia telah diberi kebaikan yang banyak. Dan tidak ada yang dapat mengambil pelajaran kecuali orang-orang yang mempunyai akal sehat.” (Q.S Al-Baqarah : 269)

“Menuntut ilmu itu wajib bagi setiap muslim.” (H.R: Ibnu Majah)

“Waktu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkannya”. (HR. Muslim).

“Kesempatan bukanlah hal yang kebetulan. Kamu harus menciptakannya.” (Chris Grosser).

"Dan berapa banyak binatang yang tidak dapat membawa (mengurus) rezekinya sendiri. Allah-lah yang memberi rezeki kepadanya dan juga kepadamu dan Dia Maha Mendengar lagi Maha Mengetahui." (QS. Al-Ankabut: 60)

PERSEMBAHAN:

♦ **IRWAN YULIANTO P.**

Saya persembahkan Tugas Akhir ini untuk:

- Kedua orang tua kandung saya yaitu bapak Suprat dan ibu Imronah, yang telah memberikan dorongan semangat, material dan doa.
- Wali Dosen saya bapak Ari Sentani, ST, M.Sc, yang telah memberikan semangat.
- Dosen I Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) yang telah memberikan dorongan spiritual dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Dosen II bapak Dr. Ir. Soedarsono, M.Si, yang telah memberikan dorongan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir Ini.
- Dosen-dosen UNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmunya.
- Muhammad Wahyu Aji Setyo selaku rekan yang telah bekerja keras, berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Ikbal Delfiero P. & Muhammad Yusuf Khanafi yang telah meminjami fasilitas dalam laporan kami.
- Teman-teman Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017

PERSEMBAHAN:

♦ **MUHAMMAD WAHYU AJI SETYO**

Saya persembahkan Tugas Akhir ini untuk:

- Kedua orang tua kandung saya yaitu bapak Sunoto dan ibu Suparmi, yang telah memberikan dorongan semangat, material dan doa.
- Wali Dosen saya bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, MT, PhD yang telah memberikan semangat.
- Dosen I ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) yang telah memberikan dorongan spiritual dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Dosen II bapak Dr. Ir. Soedarsono, M.Si, yang telah memberikan dorongan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Dosen-doseniUNISSULA Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil yang telah membagikan ilmunya.
- Irwan Yulianto P. selaku rekan yang telah bekerja keras, berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Ikbal Delfiero P. & Muhammad Yusuf Khanafi yang telah meminjami fasilitas dalam laporan kami.
- Teman-teman Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017.

ABSTRAK

Irwan Yulianto P.¹⁾, Muhammad Wahyu Aji S.¹⁾

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.²⁾, Dr. Ir. Soedarsono, M.Si²⁾

Bendungan Randugunting terletak di Desa Gaplokan dan Desa Kalinanas Kecamatan Japah Kabupaten Blora Provinsi Jawa Tengah. Daerah genangan Bendungan Randugunting ini mencapai luas sekitar 187,19 Ha dengan elevasi muka air normal 94,27 m dan elevasi muka air banjir 96,5 m. Dengan melakukan analisa stabilitas lereng dan rembesan pada bendungan bertujuan agar konstruksi bendungan aman terhadap longsor. Bentuk ketidakstabilan yang dianalisa adalah 3 kondisi pada beban normal yaitu *after construction*, *rapid drown*, dan *stady state*.

Analisa dilakukan dengan data sekunder yang didapat dari proyek pembangunan bendungan. Data yang diperoleh berupa Data Geoteknik (tanah random, lempung, filter halus, filter kasar, *riprap* dan *rocktoe*), Data Hidrologi (elevasi muka air banjir dan normal) dan Data *Detail Engineering Desain* (gambar potongan dan detail bendungan). Data-data parameter tanah yang akan digunakan dalam program *Plaxis 8.6* dan *Geostudio 2018 R2* yaitu; kohesi (c) = 18 kN/m² sudut geser tanah (ϕ) = 34°, sudut kemiringan lereng (α) = 1:2,75 hulu; 1:2,75 hilir, berat volume tanah (γ) = 18,88 kN/m³, modulus elastisitas (E) = 40000 kN/m², koefisien permeabilitas (k) = 0,5457 cm/s dan poisson ratio (ν) = 0,3.

Dari program *Plaxis 8.6* didapatkan nilai faktor keamanan di hilir bendungan pada kondisi *steady state* = 2,17, *after contruction* = 1,33, *rapid drawdown* = 1,75. Dari program *Geostudio 2018 R2* didapatkan nilai faktor keamanan pada kondisi *steady state* = 2,36, *after contruction* = 2,5, *rapid drawdown* = 2,35 dan rembesan = 0,10751 m³/hari. Analisa keamanan stabilitas lereng dan rembesan bendungan terhadap beban normal semuanya aman.

Kata Kunci : Analisa, Faktor Keamanan, *Plaxis* dan *Geostudio*

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

²⁾ Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

ABSTRACT

Irwan Yulianto P. ¹⁾, Muhammad Wahyu Aji S. ¹⁾

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng. ²⁾, Dr. Ir. Soedarsono, M.Si ²⁾

Randugunting Dam is located in Gaplokan Village and Kalinanas Village, Japah District, Blora Regency, Central Java Province. The inundation area of the Randugunting Dam reaches an area of about 187.19 Ha with a normal water level elevation of 94.27m and a flood water level elevation of 96.5m. By analyzing slope stability and seepage on the dam, it is intended that the dam construction is safe against landslides. The forms of instability analyzed are 3 conditions under normal load, namely after construction, rapid drowning, and stady state.

The analysis was carried out with secondary data obtained from the dam construction project. The data obtained in the form of Geotechnical Data, Hydrological Data and Detailed Engineering Design. The soil parameter data that will be used in the Plaxis 8.6 and Geostudio 2018 R2 programs are; cohesion (c) = 18 kN/m² soil shear angle (ϕ) = 34°, slope angle (α) = 1:2.75 upstream; 1:2.75 downstream, soil volume weight (γ) = 18.88 kN/m³, modulus of elasticity (E) = 40000 kN/m², coefficient of permeability (k) = 0.5457 cm/s and poisson ratio (v) = 0.3.

From the Plaxis 8.6 program, the value of the safety factor downstream of the dam at steady state = 2.17, after construction = 1.33, rapid drawdown = 1.75. From the Geostudio 2018 R2 program, the safety factor value at steady state = 2.36, after construction = 2.5, rapid drawdown = 2.35 and seepage = 0.10751 m³/day. Safety analysis of slope stability and dam seepage against normal loads are all safe.

Key Sentence: Analysis, Safety Factors, Plaxis and Geostudio.

¹⁾ Civil Engineering Student of Sultan Agung Islamic University Semarang.

²⁾ Lecturer in Civil Engineering at Sultan Agung Islamic University Semarang.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **"ANALISIS STABILITAS LERENG DAN REMBESAN PADA BENDUNGAN RANDUGUNTING DI BLORA JAWA TENGAH MENGGUNAKAN PLAXIS 8.6 DAN GEOSTUDIO 2018 R2"**. Tugas Akhir ini diserahkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Strata 1 (S-1) Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Selama menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dan berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT dan Rasulullah Muhammad SAW.
2. Kedua orang tua kami tercinta.
3. Keluarga kami yang telah banyak memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta senantiasa memberikan doa, semangat dan dukungan moral, material maupun spiritual dengan penuh kasih sayang dan pengorbanan.
4. Yth. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang
5. Yth. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M. Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Yth. Ibu Lisa Fitriyana ST., M. Eng, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
7. Yth. Bapak Dr. Ir. Soedarsono, M. Si, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
8. Yth. Bapak Ir. M. Faiqun Niam, MT, PhD selaku Dosen Pembimbing Seminar Tugas Akhir.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Disadari, karena keterbatasan pengalaman yang dimiliki, ilmu pengetahuan, kemampuan, dan, dalam Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menjadikannya lebih baik dan lebih menuju pada kesempurnaan.

Saya harap tugas akhir ini dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan.
Aamiin Yaa Robbal Aalamiin.

Semarang, Juli 2021

Irwan Yulianto P. (30201700087)

Muhammad Wahyu Aji S. (30201700128)



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI DAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Maksud dan Tujuan Tugas Akhir Penelitian	3
1.4 Maksud dan Tujuan Tugas Akhir Penelitian	4
1.5 Lingkup Pembahasan Penelitian	4
1.6 Sistematika Laporan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bendungan	6
2.2 Bendungan Urugan	6
2.3 Klasifikasi Bendungan Urugan	8
2.4 Pengendalian Mutu Timbunan Bendungan	9
2.4.1 Persyaratan Material Timbunan Bendungan Zonal	10
2.5 Pekerjaan Timbunan	17
2.6 Stabilitas Lereng	20
2.6.1 Teori Analisis Stabilitas Pada Lereng	20
2.6.2 Metode-metode dalam Perhitungan Stabilitas Lereng	24
2.6.3 Pemilihan Bidang Longsor	33
2.7 Stabilitas pada Bendungan terhadap Bahaya Rembesan	34
2.7.1 Teori Rembesan	34
2.7.2 Kontrol Keamanan Rembesan untuk Bendungan	36
2.7.3 Metode Penanganan Rembesan	41

2.7.4	Pengendalian Rembesan.....	43
2.8	Tanah	46
2.8.1	Definisi Tanah.....	46
2.8.2	Sistem Klasifikasi Tanah oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat	46
2.8.3	Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i>	47
2.8.4	Uji Laboratorium.....	49
2.8.4.1	Uji Kadar Air (Water Content)	49
2.8.4.2	Analisa Bentuk Ukuran Butiran Tanah (Grain Size Analysis) ...	49
2.8.4.3	<i>Atterberg Limit</i>	51
2.8.4.4	<i>Specific Gravity</i>	55
2.8.4.5	<i>Standart Proctor Test</i>	55
2.8.4.6	Uji Kuat Geser.....	57
2.8.4.7	Uji Permeabilitas Tanah.....	60
2.8.5	Pengujian Lapangan	63
2.8.5.1	Pengambilan Sampel Tanah (<i>Soil Sampel</i>)	63
2.8.5.2	<i>N-Standart Penetration Test</i> (N-SPT).....	63
2.8.5.3	<i>Lugeon test</i>	64
2.8.6	Kajian Terdahulu yang Sejenis	65
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		71
3.1.	Pembahasan Umum	71
3.2.	Persiapan Penelitian	71
3.2.1.	Lokasi Penelitian.....	71
3.3.	Alur Penelitian.....	72
3.3.1.	Metode Pengumpulan Data.....	73
3.3.2.	Data Sekunder	73
3.3.2.1	Data Geoteknik.....	74
3.3.2.2	Data Geologi	77
3.3.2.3	Data Hidrologi	77
3.3.2.4	Data Detail Engineering Desain (DED)	78
3.3.2.5	Data Teknik Bendungan Randugunting.....	79
3.4.	Analisa Keamanan Bendungan.....	81
3.4.1.	Stabilitas Lereng Terhadap Beban Normal	81
3.4.2.	Keamanan Rembesan	82

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	83
4.1 Pembahasan Umum	83
4.2 Persyaratan Bendungan	84
4.2.1 Kemiringan Bendungan	84
4.2.2 Material Timbunan	85
4.3 Permodelan Materi	86
4.3.1 Model Material	86
4.3.2 Tipe Perilaku Material	86
4.3.2.1 Jenis Material Permodelan	89
4.4 Alur Perhitungan	92
4.4.1 Stabilitas Lereng Akibat Beban Normal	92
4.4.2 Rembesan	94
4.5 Ouput Permodelan	96
4.5.1 Stabilitas Terhadap Beban Normal	99
4.5.2 Analisa Angka Rembesan	108
4.6 Justifikasi Keamanan Bendungan	113
BAB V PENUTUP	119
5.1 Kesimpulan	119
5.2 Saran	119
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Bendungan Randugunting	2
Gambar 2.1 Macam-macam Bendungan Urugan.....	9
Gambar 2.2 Zonasi Bendungan.....	10
Gambar 2.3 Kekuatan Geser Tanah dan Batuan	21
Gambar 2.4 Keseimbangan Benda pada Bidang Miring.....	22
Gambar 2.5 Metode Irisan.....	25
Gambar 2.6 Gaya-gaya yang Bekerja dalam Irisan	27
Gambar 2.7 Aliran Rembesan pada Kondisi <i>Rapid Draw Down</i>	30
Gambar 2.8 Aliran Air di Dalam Butiran Tanah, Menurut Darcy	35
Gambar 2.9 Desain Drinase untuk Bendungan Urugan dalam Menghindari Naiknya Garis Freatik ke Bagian Atas Drainase (Fell, 2006).....	37
Gambar 2.10 Desain Bendungan Urugan yang Tidak Dapat Menahan Debit Rembesan	37
Gambar 2.11 Tempat Terjadinya Peristiwa <i>Boiling</i> di Hulu Bendungan (Fell, 2005)	38
Gambar 2.12 Desain Bendungan Urugan Tanah untuk Meminimalkan Bahaya Rembesan Dan Erosi (Fell, 2005)	42
Gambar 2.13 Lapisan Filter sebagai Pelindung Terhadap <i>Piping</i>	44
Gambar 2.14 Lapisan Filter yang dapat Menangkap Air Rembesan dengan Baik	45
Gambar 2.15 Zona Inti Kedap Air di Tengah	45
Gambar 2.16 Klasifikasi Tanah yang Dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat	47
Gambar 2.17 Analisa Saringan	50
Gambar 2.18 Analisa Hidrometer	51
Gambar 2.19 Batas-batas <i>Atterberg</i>	51
Gambar 2.20 Alat Uji Batas Cair	53
Gambar 2.21 Skema Alat Uji Batas Cair	53
Gambar 2.22 Variasi Volume dan Batas Air pada Posisi Batas Cair, Batas Plastis dan Batas Susut	54

Gambar 2.23 Grafik untuk Menentukan Klasifikasi Lempung.....	54
Gambar 2.24 Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering (γ_d)	56
Gambar 2.25 Seperangkat Alat <i>Proctor Test</i>	57
Gambar 2.26 Alat Uji Triaxsial.....	58
Gambar 2.27 Sketsa Shear Box.....	59
Gambar 2.28 Alat Uji <i>Direct Shear</i>	59
Gambar 2.29 Output Pengujian Triaxsial dan <i>Direct Shear</i>	60
Gambar 2.30 Sketsa Pengujian <i>Constant-Head</i>	61
Gambar 2.31 Sketsa Pengujian <i>Falling-Head</i>	62
Gambar 2.32 Alat Pengujian <i>Falling-Head</i>	63
Gambar 3.1 Peta Lokasi Bendungan Randugunting	71
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	72
Gambar 4.1 Tipikal Ukuran Zona Inti Kedap Air pada Timbunan Bendungan...	84
Gambar 4.2 Tipikal Potongan Melintang Bendungan Randugunting.....	84
Gambar 4.3 Pembagian Zonal Material Timbunan Bendungan Randugunting....	85
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Total Head (Elevasi Muka Air) dan Waktu Selama 30 Hari.....	94
Gambar 4.5 Garis Besar Alur Permodelan Stabilitas Lereng terhadap Beban Normal dengan <i>Plaxis v8.6</i> dan <i>Geostudio 2018 R2</i>	95
Gambar 4.6 Garis Besar Alur Permodelan Rembesan dengan <i>Plaxis v8.6</i> Dan <i>Geostudio 2018 R2</i>	96
Gambar 4.7 Urutan Analisa <i>Geostudio</i> untuk Permodelan Stabilitas Lereng Kondisi <i>Steady State</i> dan <i>After Construction</i>	97
Gambar 4.8 Urutan Analisa <i>Geostudio</i> Untuk Permodelan Rembesan dan Stabilitas Lereng Kondisi <i>Rapid Draw Down</i>	97
Gambar 4.9 Urutan Analisa <i>Plaxis</i> untuk Permodelan Stabilitas Lereng	98
Gambar 4.10 <i>Pore Water Pressure</i> pada Kondisi <i>Steady State</i>	99
Gambar 4.11 <i>Water Total Head</i> pada Kondisi <i>Steady State</i>	99
Gambar 4.12 Garis Freatik dan <i>Water Pressure Head</i> pada Kondisi <i>Steady State</i>	99
Gambar 4.13 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi <i>Steady State</i> ($SF=2.366$).....	100

Gambar 4.14 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hulu Lereng Bendungan pada Kondisi <i>Steady State</i> (SF=2.867).....	100
Gambar 4.15 Tegangan Tanah Total Tanah pada Kondisi <i>After Construction</i> ...	101
Gambar 4.16 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hulu Lereng Bendungan pada Kondisi <i>After Construction</i> (SF=2,531)	101
Gambar 4.17 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi <i>After Construction</i> (SF=2,677)	101
Gambar 4.18 <i>Pore Water Pressure</i> pada Kondisi <i>Rapid Drawdown</i>	102
Gambar 4.19 <i>Water Total Head</i> pada Kondisi <i>Rapid Drawdown</i>	102
Gambar 4.20 Garis Freatik dan <i>Water Pressure Head</i> pada Kondisi <i>Rapid Drawdown</i>	102
Gambar 4.21 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan Kondisi <i>Rapid Drawdown</i> (SF=2.354).....	103
Gambar 4.22 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hulu Bendungan Kondisi <i>Rapid Drawdown</i> (SF=2.418).....	103
Gambar 4.23 <i>Initial Water Level</i> pada Kondisi <i>Steady State</i>	104
Gambar 4.24 <i>Pore Water Pressure</i> pada Kondisi <i>Steady State</i>	104
Gambar 4.25 Tegangan Tanah Total pada Kondisi <i>Steady State</i>	104
Gambar 4.26 Titik <i>Plastic Point</i> pada Kondisi <i>Steady State</i>	104
Gambar 4.27 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi <i>Steady State</i> (SF=2,1743).....	105
Gambar 4.28 <i>Initial Water Level</i> pada Kondisi <i>After Construction</i>	105
Gambar 4.29 <i>Pore Water Pressure</i> pada Kondisi <i>After Construction</i>	105
Gambar 4.30 Tegangan Tanah Total Tanah pada Kondisi <i>After Construction</i> ...	106
Gambar 4.31 Titik Plastic Point pada Kondisi <i>After Construction</i>	106
Gambar 4.32 <i>Total Displacement</i> Bendungan pada Kondisi <i>After Construction</i> (SF=1,3286)	106
Gambar 4.33 <i>Initial Water Level</i> pada Kondisi <i>Rapid Draw Down</i>	107
Gambar 4.34 <i>Pore Water Pressure</i> pada Kondisi <i>Rapid Draw Down</i>	107
Gambar 4.35 Tegangan Tanah Total Tanah pada Kondisi <i>Rapid Draw Down</i> ..	107
Gambar 4.36 Titik <i>Plastic Point</i> pada Kondisi <i>Rapid Draw Down</i>	107

Gambar 4.37 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi <i>Rapid Draw Down</i> ($SF=1,7464$)	108
Gambar 4.38 Lengkung Garis Freatik (Warna Biru) dengan Permodelan Geostudio 2018 R2.....	108
Gambar 4.39 Lengkung Garis Freatik (Warna Biru) dengan Permodelan Plaxis v8.6.....	108
Gambar 4.40 Debit Rembesan Bagian Hilir 0,10751m ³ /Hari dengan Permodelan Geostudio 2018 R2.....	109
Gambar 4.41 Debit Rembesan Bagian <i>Core Dam</i> 0,00863974m ³ /Hari dengan Permodelan Geostudio 2018 R2	109
Gambar 4.42 Debit Rembesan Bagian Hulu <i>Dam</i> 0,033401m ³ /Hari dengan Permodelan Geostudio 2018 R2	110
Gambar 4.43 Pemilihan <i>Mesh</i> untuk dilakukan Pembacaan Gradien Hidrolik ..	110



DAFTAR TABEL

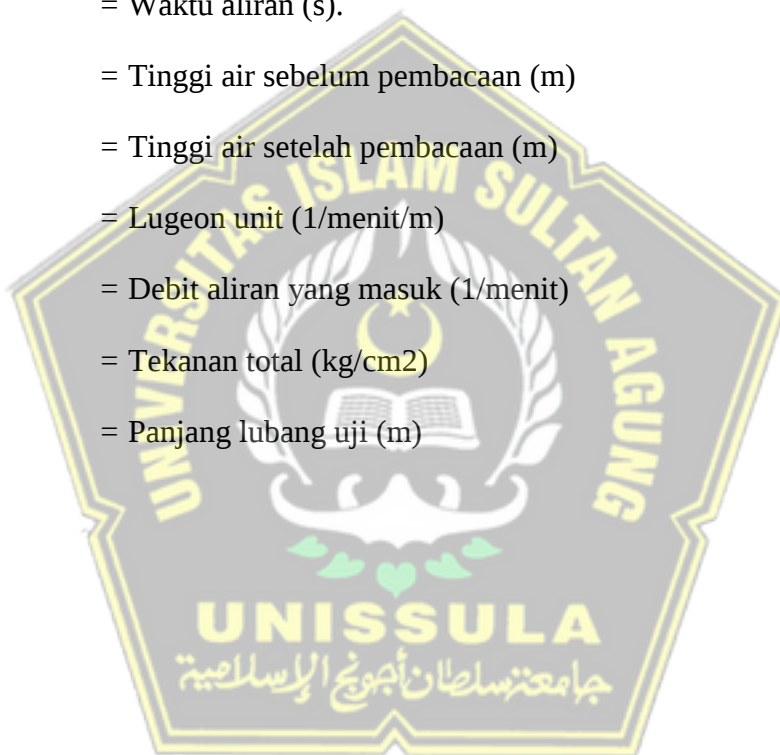
Tabel 2.1 Faktor Keamanan Minimum menurut R SNI-M-03-2002	24
Tabel 2.2 Pemilihan Tipe Perilaku Material oleh (Duncan, 1992)	31
Tabel 2.3 Pemilihan Material dalam Permodelan untuk 3 Tipe Kondisi.....	32
Tabel 2.4 Kriteria dalam penerimaan Debit Rembesan pada Bendungan Urugan Tanah (Look, 2005).....	38
Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> (Das, 1985)	48
Tabel 2.6 Daftar Simbol Karakteristik Tanah Lempung (Craig, 2004)	55
Tabel 2.7 Hasil Pengujian Standar Penetrasi	64
Tabel 4.1 Analisa Kemiringan Bendungan Terhadap Kemiringan Standar USBR	85
Tabel 4.2 Analisa Perlakuan Material.....	87
Tabel 4.3 Rangkuman Pemilihan Tipe Perilaku Material dalam Permodelan.....	88
Tabel 4.4 Parameter Mekanis <i>Clay</i> (Pengisi Zona Inti).....	89
Tabel 4.5 Parameter Mekanis <i>Random</i> (Pengisi Zona 3).....	90
Tabel 4.6 Tabel 4.6. Parameter Mekanis Filter Halus (Pengisi Zona 2).....	90
Tabel 4.7 Parameter Mekanis Filter Kasar dan Horizontal Drain (Pengisi Zona 5)	91
Tabel 4.8 Parameter Mekanis <i>Riprap</i> dan <i>Rocktoe</i> (Pengisi Zona 4 dan 6)	92
Tabel 4.9 Hasil Pembacaan Gradien Hidrolik pada Lokasi Tumit Hilir Bendungan	111
Tabel 4.10 Justifikasi Keamanan Lereng Bendungan terhadap Beban Normal	113
Tabel 4.11 Keamanan Debit Rembesan (Look,2005).....	115
Tabel 4.12 Analisa Keamanan Bendungan terhadap Peristiwa <i>Boilling</i> (Cristady, 2010:220)	118

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	= Luas penampang tanah yang dilewati (cm^2)
a	= Luas pipa pengukur (m^2)
φ	= Sudut geser ($^\circ$)
S	= Kekuatan geser (kN/m^2)
σ	= Tegangan total pada bidang geser (kN/m^2)
σ_v	= Total tegangan vertikal pada sembarang titik pondasi (kN/m^2).
u	= Tekanan air pori (kN/m^2)
c'	= Kohesi efektif (kN/m^2)
ϕ'	= Sudut geser dalam efektif ($^\circ$)
F	= Faktor keamanan
K	= Koefisien Filtrasi (cm/s)
τ	= Tahanan geser maksimum tanah (kN/m^2)
cd	= Kohesi yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan (kN/m^2)
ϕ_d	= Sudut geser dalam tanah yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan ($^\circ$)
F_c	= Faktor keamanan kohesi
F_ϕ	= Faktor keamanan pada sudut geser
R	= Jari – jari lingkaran pada bidang longsor (m)
n	= Jumlah irisan.
W_i	= Berat irisan tanah irisan ke-i (kN)
θ_i	= Sudut pada bidang gelincir dengan garis horizontal ($^\circ$)
V_d	= Kecepatan aliran (m/s)
V_s	= Kecepatan rembesan (m/s)

i	= Gradien hidraulik
Q	= volume aliran air (cm ³ /s)
k	= Konstanta yang dikenal sebagai koefisien permeabilitas (cm/s)
h_1-h_2	= Perbedaan tinggi muka air pada kedua ujung contoh tanah (cm)
L	= Panjang lapisan tanah yang dirembesi (cm)
v	= Kecepatan aliran (cm/s)
F_s	= Angka keamanan boilling
γ_{sat}	= Berat jenis jenuh pondasi (kN/m ³)
γ_w	= Berat jenis air (kN/m ³)
h_p	= Piezometric head (m)
G_s	= Berat jenis pondasi
e	= Angka pori
w	= Kadar air (%)
W_w	= Berat air (g)
W_s	= Berat butiran (g)
N	= Jumlah ketukan
γ_d	= Berat tanah kering (g/cm ³)
γ_b	= Berat tanah basah (g/cm ³)
LL	= Liquid limit
PL	= Plastic limit
SL	= Shrinkage limit
F_s	= Angka keamanan boilling
I_{cr}	= Gradien hidrolik kritis
I_{max}	= Gradien maksimum
m_1	= Berat tanah basah pada cawan percobaan (g)

m_2	= Berat tanah karing dari oven (g)
v_1	= Volume tanah basah (cm ³)
v_2	= Volume tanah kering dari oven (cm ³)
γ_w	= Berat volume air (g/cm ³)
k	= Koefisien permeabilitas (cm/s)
L	= Panjang benda uji (cm)
h	= Hilangnya energi (cm)
t	= Waktu aliran (s).
h_1	= Tinggi air sebelum pembacaan (m)
h_2	= Tinggi air setelah pembacaan (m)
Lu	= Lugeon unit (1/menit/m)
Q	= Debit aliran yang masuk (1/menit)
P	= Tekanan total (kg/cm ²)
L	= Panjang lubang uji (m)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Air merupakan salah satu kebutuhan yang penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup di bumi. Kebutuhan pelayanan dan aksesibilitas air bersih sewaktu-waktu bisa berkembang pesat yang kadang-kadang tidak dikoordinasikan oleh kemampuan organisasi spesialis yang masih minim. Banyak variabel yang menyebabkan tidak adanya aksesibilitas air di suatu wilayah tertentu, khususnya peningkatan jumlah penduduk, lingkungan sekitar, terutama pada musim kemarau, serta peningkatan wilayah administrasi yang ditandai dengan kondisi penduduk yang semakin meningkat diikuti dengan perluasan wilayah. jumlah kebutuhan air per kapita.

Salah satu kabupaten di bagian timur provinsi di Jawa Tengah yang sering mengalami kekeringan di musim kemarau adalah Kabupaten Blora. Untuk itu, dalam rangka menciptakan sumber daya air tersebut, Pemerintah Pusat, untuk situasi ini Kementerian Pekerjaan Umum dan Pemerintahan Rakyat, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, berencana untuk membuat Bendungan Randugunting di Kabupaten Blora. Pembangunan Bendungan Randugunting dilakukan mulai tanggal 8 November 2018 dalam 1460 jadwal sampai dengan 7 November 2022. Pembangunan bendungan ini dilakukan oleh Pemerintah agar pada musim kemarau pasokan air ini dapat dimanfaatkan untuk pengendalian banjir di sepanjang hilir sungai. bendungan, untuk memasok kekurangan air untuk membantu daerah setempat seperti air irigasi untuk kebutuhan di wilayah agraris (pertanian), air bersih untuk kebutuhan sehari-hari di sekitar wilayah setempat, untuk kebutuhan perindustrian dan lain-lain, terutama di daerah-daerah yang dekat dengan kawasan pembangunan Bendungan Randugunting.

Bendungan Randugunting direncanakan akan membendung Sungai Banyuasin yang merupakan salah satu anak sungai Randugunting yang bermuara ke Laut Jawa di Desa Pecangaan dan Desa Tunggulsari

Kecamatan Kaliori Kabupaten Rembang. Lokasi pembangunan Bendungan Radugunting ini terletak di Desa Gaplokan dan Desa Kalinanas, Kecamatan Japah Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah dengan koordinat lokasi pada X: 528726.200, Y: 9240103.308 (sandaran kanan) dan X: 528241.895, Y: 9240432.860 (sandaran kiri).



Gambar 1.1 Peta Lokasi Bendungan Radugunting

(Sumber : Google Maps)

Daerah genangan Bendungan Radugunting ini mencapai luas sekitar 187,19 Ha. Dibutuhkan sekitar 3 jam dari kota Semarang untuk sampai ke area aksi dengan kendaraan roda 2 atau roda 4. Sedangkan dari Kota Rembang membutuhkan waktu sekitar 45 menit sejauh 27 km atau dari taman Juwana - Rembang untuk masuk sejauh 20 km ke arah selatan menuju Desa Kalinanas Kecamatan Japah, Kabupaten Blora.

Bendungan Radugunting adalah bendungan tipe urugan, bendungan tipe urugan ini sangat sensitif terhadap keruntuhan akibat tekanan air pori, deformasi berlebihan, limpasan, tekanan hidrostatik air, dan beban gempa yang diterima bendungan. Oleh karena itu, faktor keamanan kestabilan lereng bendungan dan debit rembesan air pada tubuh bendungan perlu dianalisa agar konstruksi bendungan aman terhadap longsor. Ketidakstabilan lereng merupakan salah satu masalah stabilitas untuk bendungan tipe urugan di kurang lebih 12% di negara-negara lain. Bentuk-bentuk ketidakstabilan ini terjadi pada kondisi beban normal yang dibagi menjadi 3 kondisi yaitu pembebanan *after construction*, *rapid drawdown*, dan *stady state*. Pada analisis stabilitas lereng dan rembesan ini

menggunakan bantuan program *Plaxis 8.6* dan *GeoStudio 2018 R2* untuk mempermudah analisa kami dalam melakukan penelitian nantinya.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

1. Apakah material timbunan digunakan untuk timbunan badan bendungan memenuhi kriteria penerimaan?
2. Bagaimana stabilitas lereng Bendungan Randugunting terhadap resiko beban normal?
3. Bagaimana keamanan Bendungan Randugunting terhadap risiko rembesan?

1.3 Maksud dan Tujuan Tugas Akhir Penelitian

Maksud dari Tugas Akhir ini merupakan :

- a. Menganalisa material timbunan bendungan untuk memenuhi kriteria penerimaan.
- b. Menganalisa stabilitas lereng Bendungan Randugunting terhadap resiko beban normal pada 3 kondisi yaitu *after construction*, *rapid drown*, dan *stady state* menggunakan aplikasi *Plaxis v8.6* dan *GeoStudio 2018*.
- c. Menganalisa keamanan Bendungan Randugunting terhadap risiko rembesan.

Tujuan dari Tugas Akhir ini merupakan :

- a. Untuk mengetahui apakah material timbunan bendungan sesuai dengan kriteria penerimaan?
- b. Menganalisa stabilitas lereng Bendungan Randugunting terhadap beban normal pada 3 kondisi yaitu *after construction*, *rapid drown*, dan *stady state* menggunakan aplikasi *Plaxis 8.6* dan *GeoStudio 2018 R2*.
- c. Menganalisa keamanan Bendungan Randugunting terhadap risiko rembesan.

1.4 Manfaat Tugas Akhir Penelitian

Manfaat dari Tugas Akhir ini merupakan :

- a. Untuk bahan pembelajaran desain bendungan yang ditinjau dari perspektif geoteknik.
- b. Untuk memperluas informasi dalam bidang geoteknik dalam pekerjaan bendungan.

1.5 Lingkup Pembahasan Penelitian

Lingkup pembahasan yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Menggunakan parameter tanah pada Proyek Pembangunan Bendungan Randugunting Blora Jawa Tengah secara keseluruhan.
- b. Analisis persyaratan material timbunan dan justifikasi keamanan Bendungan Randugunting menggunakan *Plaxis 8.6* dan *GeoStudio 2018 R2*.
- c. Analisis stabilitas lereng akibat risiko beban normal pada 3 kondisi meliputi *after construction*, *rapid drawdown*, dan *steady state* menggunakan aplikasi *Plaxis 8.6* dan *GeoStudio 2018 R2*.
- d. Analisis terhadap risiko rembesan menggunakan *Plaxis 8.6* dan *GeoStudio 2018 R2*.

1.6 Sistematika Laporan Penelitian

Penyusunan Laporan tugas akhir ini terdiri atas :

BAB I : PENDAHULUAN

Bagian ini menggambarkan latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan lingkup pembahasan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi teori-teori dan dasar-dasar perhitungan geoteknik yang nantinya akan digunakan untuk mengatasi masalah yang ada baik untuk menganalisis

elemen-elemen dan informasi pendukung maupun perhitungan khusus.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisi tentang tahapan-tahapan pengumpulan data dan proses analisis data perencanaan Bendungan Randugunting menurut sudut pandang geotekniknya.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang hasil dari pengumpulan data dan pengolahan data, penerjemahan, persetujuan data dan pembahasan tentang syarat penerimaan atau syarat-syarat dalam melakukan perencanaan permodelan metode stabilitas lereng dan rembesan dengan program *Plaxis 8.6* dan program *GeoStudio 2018 R2*, serta perbandingan hasil penurunan stabilitas tanah dan rembesan yang terjadi, dan bentuk deformasinya dalam mengetahui tingkat keamanan bendungan.

BAB V : PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang disampaikan mengenai penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bendungan

Bendungan adalah bangunan struktur air yang berfungsi untuk menahan laju aliran air dan menaikkan tingkat air sungai ke tingkat tertentu selama musim penghujan ketika pasokan air melimpah. Bendungan juga memiliki kapasitas sebagai sarana untuk memberikan air baku, kebutuhan air irigasi, kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), pengendalian banjir, dan tujuan liburan.

2.2 Bendungan Urugan

Bendungan Randugunting adalah sejenis bendungan urugan tanah.. Bendungan urugan adalah bendungan yang dikerjakan dengan mengumpulkan bahan-bahan, misalnya batu, krakal, batu, pasir, dan tanah dalam susunan tertentu untuk membuat dinding yang dapat menampung air. Dilihat dari ukuran butir material bendungan yang digunakan, bendungan urugan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu;

- a. Bendungan urugan tanah (*earth fill dam*).
- b. Bendungan urugan batu (*rock fill dam*).

Selain kedua jenis bendungan ini, ada juga bendungan campuran, yang terdiri dari tumpukan batu di hilir yang berfungsi sebagai bantalan. Sedangkan bagian hulu prinsip kerjanya sebagai kedap air dan penyangga tambahan.

Ada beberapa prinsip utama bendungan urugan sebagaimana dikemukakan oleh (Sosrodarsono, 2000), yaitu sebagai berikut:

- a. Bendungan urugan memiliki dasar yang luas, sehingga beban timbunan yang harus dipikul oleh pondasi bendungan per satuan wilayah biasanya sedikit. Beban paling utama yang harus dipikul oleh bangunan terdiri dari berat badan bendungan dan faktor tekanan hidrostatik air di waduk. Akibatnya, bendungan urugan dapat didasarkan pada saluran sungai yang terbuat dari batu

sedimen dengan batas daya dukung rendah jika dimasa mendatang diperbaiki pada tingkatan yang diijinkan.

- b. Bila dibandingkan dengan bendungan betonr yang lebih mahal untuk dikerjakan, bendungan urugan ini dapat dibuat menggunakan bahan batuan yang ditemukan di dekat pembangunan bendungan dengan biaya lebih rendah.
- c. Dalam proses pelaksanaanya, bendungan urugan dikerjakan secara mekanis dengan intensitas yang tinggi dan dengan banyaknya tipe-tipe peralatan yang sudah diproduksi, beberapa peralatan yang sesuai dapat dipilih, seperti yang ditunjukkan oleh sifat bahan yang digunakan dan kondisi lapangan selama pelaksanaan.
- d. Meskipun demikian, dengan alasan bahwa tubuh bendungan terdiri dari timbunan batu dan tanah, risiko keruntuhan bendungan sebagian besar disebabkan oleh hal-hal berikut :
 - Longsor yang terjadi pada kemiringan hulu dan hilir pada badan bendungan.
 - Terjadinya Terjadinya sufosi (erosi dalam atau *piping*) oleh kekuatan-kekuatan yang muncul dalam aliran filtrasi yang terjadi di badan bendungan..
 - Perkembangan yang tidak fleksibel tidak menarik pada tubuh bendungan, mengingat perkembangan tersebut tidak dapat mengikuti perkembangan pemadatan tanah (konsolidasi) tubuh bendungan.
 - Cara untuk melakukan perbaikan umumnya sangat rentan terhadap dampak lingkungan. Hal ini terutama berlaku untuk bendungan tanah, di mana kelembapan optimum tertentu harus dipertahankan, terutama selama pekerjaannya dan pemadatannya.

2.3 Klasifikasi Bendungan Urugan

Sesuai dengan kapasitasnya sebagai penyedia air atau mengangkat permukaan air di suatu waduk, secara keseluruhan tubuh bendungan merupakan penghalang rembesan air di hilir dan penopang tandon air. Berdasarkan keadaan dan rencana bahan penyusun tubuh bendungan yang mempunyai pilihan untuk memenuhi fungsinya secara tepat, maka bendungan urugan dapat digolongkan dalam 3 (tiga) type utama, yaitu:

- Bendungan homogen (bendungan urugan homogen).
- Bendungan zonal (bendungan urugan zonal).
- Bendungan sekat (bendungan urugan bersekat).

Untuk dapat mengenali tiga tipe tersebut, skema dan penggambaran singkat ditampilkan pada Gambar 2.1.

1. Bendungan homogen

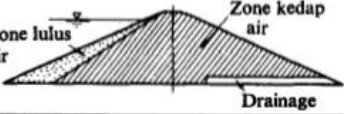
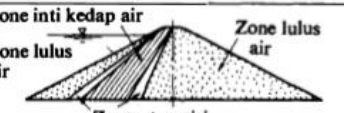
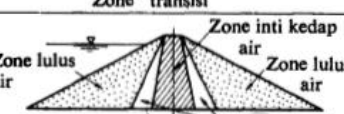
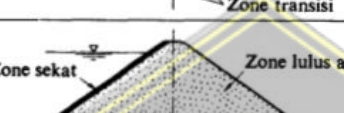
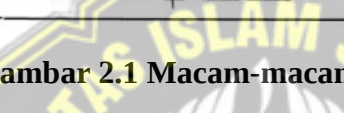
Suatu bendungan urugan dikelompokkan dalam jenis yang homogen, jika bahan yang membentuk tubuh bendungan terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan gradasinya mendekati seragam. Tubuh bendungan secara keseluruhan memiliki fungsi ganda, khususnya sebagai struktur bangunan penyangga dan sekaligus sebagai penahan rembesan air.

2. Bendungan zonal

Bendungan urugan yang dikelompokkan dalam jenis zonal, jika timbunan yang menyusun tubuh bendungan terdiri dari batuan dengan berbagai gradasi dalam tahapan pelapisan tertentu.

3. Bendungan urugan bersekat

Bendungan urugan digolongkan dalam tipe sekat (*facing*) jika kemiringan hulu dari tubuh bendungan dipasang dengan sekat kedap air, misalnya, lembaran baja tahan karat, beton aspal, lembaran beton bertulang, hamparan plastik, susunan beton blok, dan lain-lain.

Type:	Skema Umum	Keterangan
Bendungan Homogen		Apabila 80% dari seluruh bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang bergradasi hampir sama.
Bendungan Zonal		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan tirai kedap air di udiknya.
		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan miring ke hilir.
		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan inti kedap air yang berkedudukan vertikal.
		Apabila bahan pembentuk tubuh bendungan terdiri dari bahan yang lulus air, tetapi dilengkapi dengan dinding tidak lulus air di lereng udiknya, yang biasanya terbuat dari lembaran baja tahan karat, lembaran beton bertulang, aspal beton, lembaran plastik, dll. nya.
Bendungan Sekat		

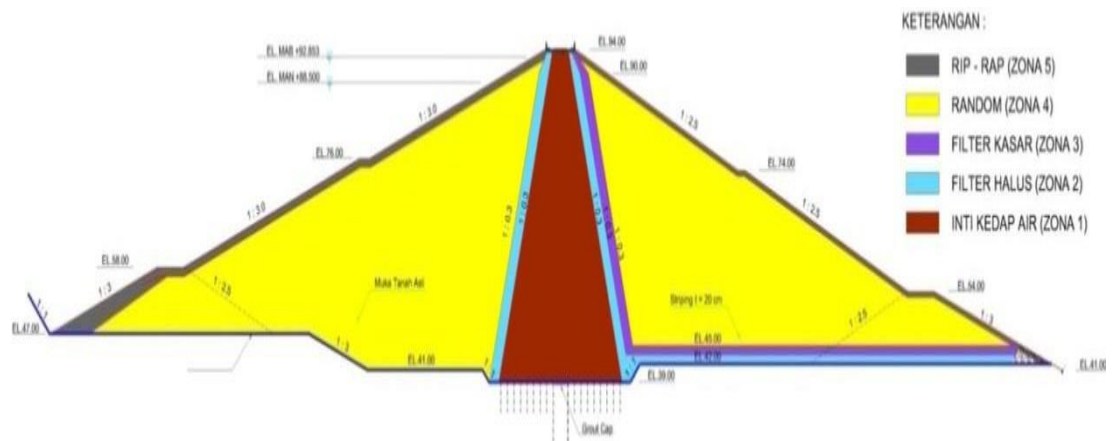
Gambar 2.1 Macam-macam Bendungan Urugan

2.4 Pengendalian Mutu Timbunan Bendungan

Pekerjaan timbunan pada bendungan urugan tipe zonal misalnya, Bendungan Randugunting dipisahkan menjadi pekerjaan bendungan utama, pekerjaan bendung pengelak hulu dan pekerjaan bendung pengelak hilir. Dalam pekerjaan timbunan ini membutuhkan banyak material timbunan dengan kualitas yang baik, mengingat dalam rencana proyek pembangunan Bendungan Randugunting digunakan berbagai macam material timbunan yang dipisahkan menjadi beberapa zona, sebagai berikut:

❖ Bendungan Utama :

- Area Inti Kedap Air (Zona 1)
- Area Filter Halus (Zona 2)
- Area Transisi atau Filter Kasar (Zona 3)
- Area Timbunan Tanah Random (Zona 4)
- Area Riprap atau Batu Pilihan (Zona 5)



Gambar 2.2 Zonasi Bendungan

2.4.1 Persyaratan Material Timbunan Bendungan Zonal

Pada bendungan tipe urugan tipe zonal seperti bendungan randugunting dibagi menjadi zona kedap air, zona semi lulus air, dan zona lulus air. Persyaratan dari masing-masing zona adalah sebagai berikut :

a) Persyaratan Zona Inti (Core Zone)

Material tahan air yang digunakan untuk tubuh bendungan sangat penting dalam pembangunan bendungan urugan dan stabilitas bendungan. Penentuan material timbunan didasarkan pada atribut, kualitas dan jumlah material yang didapat untuk penimbunan pada zona kedap air. Memikirkan kualitas yang berbeda dari masing-masing bahan kedap air, memilih bahan dan tingkat kandungan air di dalamnya, teknik penimbunan yang digunakan, dan proses konsolidasi yang diselidiki dengan cermat menggunakan laboratorium untuk mendapatkan teknik penimbunan terbaik.

Syarat utama material kedap air adalah sebagai berikut :

- Tingkat deformasinya yang rendah
- Koefisien filtrasi dan kekuatan geser yang diijinkan.
- Mudah dalam pelaksanaan pemadatan tanahnya.
- Tidak mengandung bahan-bahan yang mudah terurai serta zat-zat organik.

a. Koefisien Filtrasi

Koefisien filtrasi (K) bahan untuk zona kedap air tidak melebihi nilai 1×10^{-5} cm/s dan untuk pengamanannya ditentukan penggunaan bahan dengan nilai (K) yang tidak melebihi 1×10^{-5} cm/dtk. Semakin baik butir, kekuatan geser suatu material sebagian besar ditentukan oleh perlekatannya dan titik geser dalam (Q). Jika koefisien filtrasi bahan lebih rendah, nilai (K) biasanya dapat dinilai tergantung pada tingkat butiran dalam bahan yang dapat melewati saringan No.300. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa jika suatu bahan, di mana butiran halus yang dapat melewati saringan No. 200 lebih rendah dari 7%, bahan tersebut umumnya berpori air. Namun, dengan asumsi lebih dari setengahnya dapat melalui saluran, bahan tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan kedap air, akan memberikan nilai alternatif (K), jika tingkat ketebalan dan jumlah kadar airnya unik. Nilai (K) suatu bahan ternyata rendah pada tingkat kelembapan yang agak lebih basah dari kadar air optimumnya.

b. Kekuatan Geser

Bahan berbutir kasar biasanya memiliki kekuatan geser yang tinggi. Derajat kuat geser dipengaruhi oleh jumlah kandungan kelembaban dan tingkat pemadatan, sehingga, terlepas dari apakah itu terbuat dari bahan yang sama, kekuatan geser akan berubah-ubah, jika kadar air dan laju pemadatan juga berubah. Meskipun demikian, pada material berbutir kasar penyesuaian kuat gesernya tidak terlalu besar, meskipun faktanya material tersebut memiliki kapasitas retensi air yang tinggi (jumlah pori yang besar). Pemadatan suatu bahan biasanya diselesaikan dalam keadaan agak kering (di daerah kering dari garis kadar kelembaban ideal) dan akan memberikan kekuatan geser yang lebih menonjol. Meskipun demikian, ketika waduk diisi dengan air dan bahan menjadi basah oleh air, kekuatan geser

berkurang. Sejalan dengan itu, penelitian tentang hubungan antara kekuatan geser, tingkat pemadatan dan kandungan kelembaban suatu material harus diselesaikan dengan hati-hati, untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang atribut suatu material, baik pada tingkat penyalahgunaan.

c. Karakteristik Proses Konsolidasi

Semakin baik gradasi suatu bahan dan semakin tinggi kadar kelembapannya, semakin menonjol tingkat konsolidasi dan faktor tekanan air pori yang mungkin terjadi selama berlangsungnya proses konsolidasi. Oleh karena itu, badan bendungan yang baru saja diisi, serta mengalami tekanan akibat hasil pemadatan, juga menimbulkan faktor tekanan ekstra yang ditimbulkan oleh proses konsolidasi (tekanan konsolidasi). Bahan tubuh bendungan yang akan segera datang dengan kondisi kelembaban yang terletak di ruang yang lebih basah dari kandungan kelembaban ideal selama konsolidasi, tekanan porinya rendah. Meskipun demikian, selama proses konsolidasi, faktor tekanan air pori akan meningkat dan mungkin melampaui batas ijin stabilitas tubuh bendungan.

d. Konsolidasi pada saat Pelaksanaan Pekerjaan Bendungan

Sebagai aturan umum, penimbunan dan pemadatan bahan berbutir kasar lebih sederhana daripada bahan berbutir halus. Pada dasarnya, tingkat kelembaban suatu bahan dapat mempengaruhi keadaan pelaksanaannya. Pada kondisi kelembaban yang berada di sekitar kadar air optimum, penimbunan dan pemadatan material akan lebih mudah dilakukan, berbeda dengan material dengan tingkat kelembaban yang lebih basah dari titik optimum. Selain itu, pemilihan peralatan yang tepat akan sangat mempengaruhi pembuatan bahan, terutama kualitas hasil penimbunannya.

Selain itu, untuk pemadatan zona kedap air, pemilihan peralatan juga harus dilakukan dengan hati-hati, disesuaikan dengan sifat bahan, ukuran kandungan kadar air yang berbeda, kondisi iklim di lapangan dan elemen lainnya.

Sebuah ilustrasi langsung dari pilihan peralatan digambarkan di bawah ini :

Apabila :

1. Bendungan yang akan dibangun merupakan bendungan rendah, sehingga tidak diperlukan kuat geser yang terlalu besar, sehingga tidak diperlukan pemadatan yang serius.
2. Bahan yang diakses untuk zona kedap air adalah bahan berbutir halus, sehingga dengan pemadatan ringan, tingkat kedap air dapat dicapai dengan mudah.
3. Kadar air bahan berada pada ruang yang lebih basah dari titik ideal. Jadi pemanfaatan compactor ringan (*Roller*) adalah peralatan yang paling tepat dan paling menguntungkan.

Menurut Sosrodarsono, kebutuhan material timbunan pada zona inti adalah sebagai berikut:

- Koefisien filtrasi (K) bahan yang digunakan di zona kedap air tidak melebihi nilai 1×10^{-5} cm/s.
- Butiran halus yang melewati saringan No. 200 kurang dari 7% yang merupakan material lulus air. Namun, jika melebihi 50%, bahan tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan tahan air, karena kelenturannya sangat tinggi sehingga mudah mengalami keruntuhan dan kelongsoran.
- Material-material yang dipilih harus bebas dari campuran organik atau tidak melebihi 5%.

b) Zona Filter (*Filter Zone*)

Zona-zona timbunan tanah dan batu pada tubuh bendungan biasanya dibagi dalam zona-zona peralihan. Dalam zona filtrasi

(filter) biasanya berupa lapisan-lapisan yang tipis, sedangkan zona transisi biasanya berupa lapisan-lapisan yang tebal. Bahan yang digunakan untuk zona filtrasi dan transisi berupa bahan-bahan dari pasir dan kerikil agar memiliki kekuatan geser dan kemampuan kelulusan yang baik. Besarnya sudut geser bahan yang digunakan dipengaruhi oleh bentuk butiran, kekasaran bahan dan kestabilan butiran bahan terhadap gradasi, kepadatan, dan tekanan yang bekerja pada bahan tersebut dan lain-lain.

Menurut Sosrodarsono, persyaratan material timbunan pada zona filter adalah sebagai berikut :

- **Faktor penyaringan adalah** $K = 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ sampai $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$.
- **Jika area** yang dilindungi **mengandung** kerikil **dengan** diameter lebih **besar dari** 4,76 mm, batas diameter **maksimum** adalah 25 mm dan kerikil **dengan** diameter lebih **besar dari** 25 mm **harus** dikeluarkan dari susunan **material**.
- Dalam **komposisi** bahan **penyaring**, tidak diperbolehkan **memiliki partikel** halus melebihi 5% (yang dapat lolos saringan nomor 200) dan **memiliki butiran-butiran** kohesif.
- $F_{15} / B_{15} > 5$ dan $F_{15} / B_{85} > 5$, dimana :
 - F_{15} : Ukuran **partikel media** filter lebih **besar dari** garis 15% pada kurva gradasinya.
 - B_{15} : Ukuran partikel material area yang dilindungi terdapat pada garis 15% dari kurva gradasinya.
 - B_{85} : Ukuran partikel material area yang dilindungi terdapat pada garis 85% dari kurva gradasinya.

Pada dasarnya, persyaratan yang dijelaskan di atas adalah yang paling aman, terutama untuk perlindungan area yang terbuat dari bahan yang kaya akan tanah liat atau bahan berbutir hampir

seragam.. Karena itu sampai batas-batas tertentu persyaratan tersebut diatas dapat diperingan, disesuaikan baik dengan karakteristik bahan yang akan dilindungi, maupun dengan ketebalan filter yang mungkin dapat dicapai dan mungkin pula disesuaikan dengan hal-hal lain yang akan mempengaruhi fungsi dari filter tersebut. Penentuan filter tidak hanya berdasarkan perhitungan teoritis, tetapi juga praktis dan faktor keamanan lainnya..

Sebagai contoh, dapat dijelaskan sebagai berikut:

Jika partikel material pasir sungai hampir seragam dan partikelnya bulat, koefisien filtrasi $k = 1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ cm/s, secara teoritis material ini hanya dapat digunakan untuk filter dengan ketebalan 20 s/d antara 30 cm. Namun, dengan mempertimbangkan faktor aktual dan faktor keamanan selama pengumpulan dan pengoperasian, serta jumlah tumpahan filter yang harus dilepaskan, ketebalan filter bahan ini dalam praktiknya dapat mencapai 2 hingga 3 meter.

c) **Zona Lulus Air (Zona Rock Fill)**

Bungkalan batu dibuat dengan menghancurkan formasi lapisan batuan pasif atau pecahan batuan yang biasa ditemukan di dasar sungai disebut material batu. Bendungan yang sebagian besar terdiri dari tumpukan batu dengan diameter rata-rata 10 hingga 75 cm disebut bendungan batu. Batu dianggap ideal jika memenuhi persyaratan berikut:

1. Ukuran diameter batu antara 45 sampai 60 cm dengan berat 250 sampa 500 kg atau lebih.
2. Dalam timbunan tubuh bendungan batu yang berdiameter kurang daari 10 cm tidak boleh melebihi 5%.
3. Batu tidak mudah pecah, baik dalam proses pengangkutan, maupun dalam proses penuangan (penuangan) alat transportasi.
4. Berat jenis tidak kurang dari 2,5.

5. Kuat tekan batuan tidak kurang dari 700 kg/cm².
6. Tahan cuaca tinggi (diuji dengan Na₂ cair, laju penyusutan 0,15%).

Untuk bendungan kurang dari 50 meter, spesifikasi batu berikut dapat digunakan:

1. Densitas (berat jenis) sekitar 2,3.
2. Kapasitas tekan sekitar 300 kg/cm².
3. Ketahanan cuaca (pelapukan) diuji dengan cairan Na₂ SO₄, dan tingkat penyusutan 0,15%.

Mengenai kekuatan geser bahan batu, biasanya tersedia angka-angka berikut:

1. Jika batu cukup keras dan stabil, batu itu biasanya D₅₀ = 210 cm (D₅₀ adalah Untuk pengukuran diameter susunan material batuan pada garis 50% kurva gradasi), besarnya (Φ) kira-kira 400.
2. Untuk D₅₀ > 15 cm, maka harga Φ sebesar 450.
3. Untuk D₅₀ > 15 cm nilainya 450.
4. Namun untuk batu dengan kuat tekan rendah lebih aman diambil harga Φ = 350.

Sudut geser bahan batu jenis ini ditentukan berdasarkan hasil uji lapangan (uji skala besar). Kestabilan sifat-sifat material merupakan faktor yang mutlak diperlukan, karena di dalam bendungan, material ini harus mampu bertahan sepanjang umur pembangunan, umumnya lebih dari lima puluh tahun. Oleh karena itu, setiap butir batu memiliki kemampuan yang besar untuk menahan air dan pengaruh atmosfer lainnya. Semakin besar ukuran masing-masing batu, semakin berat batunya, dan bahan berbutir halus hanya bisa mencapai 4%, sehingga campuran ini akan bersifat semi tahan air (lapisan bahan campuran seperti ini sulit dilewati air). Mengingat hal ini, khususnya untuk material timbunan yang diambil dari dasar sungai dengan mesin penarik

kawat, banyak perhatian harus diberikan pada kandungan partikel halus untuk menghindari melebihi persyaratan di atas.

Menurut Sosrodarsono material batu pada timbunan dianggap memenuhi syarat apabila memenuhi kriteria dibawah ini :

- Ukuran diameter timbunan 45-60 cm dengan berat 250-500 kg atau lebih besar.
- Batu berdiameter 10 cm tidak diijinkan melebihi 5% dari bahan timbunan batu yang digunakan.
- Bahan tahan lama dan tidak cepat retak atau pecah.
- Berat jenis batu tidak kurang dari 2,5, untuk bendungan dengan tinggi 50 meter berat jenisnya boleh 2,3.
- Kekuatan tegangan tekan yang diperbolehkan tidak kurang dari 700 kg/cm².
- Daya tahan lapukannya tinggi (penyusutannya tidak melebihi dari 0,015%), sedangkan untuk bendung ukuran kurang dari 50 meter penyusutannya sebesar 0,15%.
- Bahan batu yang digunakan harus memiliki kekuatan tegangan tekan sudut gesernya tidak lebih besar dari $\phi = 35^\circ$ (sudah aman), sedangkan untuk bahan batu cukup keras dan stabil dengan D50 = 2 sampai 10 cm besar sudut gesernya adalah $\phi = 40^\circ$ dan D50 lebih besar 15 cm besar sudut gesernya adalah $\phi = 45^\circ$.

2.5 Pekerjaan Timbunan

Pekerjaan timbunan bendungan proses pelaksanaannya mengikuti gambar-gambar kerja yang telah disiapkan mulai dari dimensi bendungan dan pembagian antara zona bendungan. Dalam meminimalisir pencampuran antara material filter dengan material yang lebih halus, maka pada setiap lapisan permukaan dibagi menjadi 2 batas zona, yaitu :

- a) Zona 2 ke zona 1 : 30 - 60 cm lebih tinggi dari zona 1
- b) Zona 2 ke zona 3 : 40 cm lebih tinggi dari zona 3

Pada setiap lapisan zona bendungan material yang ada dihamparkan kearah panjang dan lebar zona dengan memperhitungkan kapasitas alat pemadat. Beberapa perubahan yang ada pada permukaan material yang sejajar dengan as bendungan diharuskan berada pada tahap satu lapis, dengan lebar pada tiap tahap harus empat kali tingginya.

Timbunan tanah dibuat dengan sangat padat untuk mencegah adanya penurunan. Material yang dipilih menggunakan tanah dengan plastisitas tinggi, kemudian diklasifikasikan menjadi A-7-6 menurut AASTHO M145. Persyaratan kepadatan tanah pada lapisan timbunan :

- a) Menurut AASTHO T 99, lapisan timbunan yang berada lebih dari 30 cm di bawah subgrade dipadatkan menjadi 95% dari kepadatan kering maksimum.
- b) Menurut AASTHO T 99, lapisan yang berada di bawah subgrade atau kurang dari 30 cm dipadatkan menjadi 100% dari kepadatan kering maksimum.
- c) Pada uji nilai CBR minimum yang digunakan untuk subgrade adalah 6%. Tanah timbunan akan digunakan, jika nilai pengujian tanah memenuhi persyaratan. Sedangkan tanah timbunan yang tidak memenuhi syarat harus diganti dengan tanah yang memiliki persyaratan tersebut di lokasi lainnya.

Dalam melakukan pekerjaan timbunan juga memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk hasil yang baik, yaitu;

- ✚ Bahan timbunan sudah memenuhi syarat, misalnya bebas dari akar-akar tumbuhan, material organik kotor, dan rerumputan.
- ✚ Bahan timbunan yang digunakan disetujui oleh konsultan pengawas.
- ✚ Permukaan timbunan terlebih dahulu dipadatkan sesuai dengan nilai kerapatan yang telah ditentukan dan sesuai dengan spesifikasi.
- ✚ Dilakukan tes kepadatan di laboratorium untuk acuan tes kepadatan di lapangan.
- ✚ Dilakukan *trial embankment*, dan hasilnya akan diperoleh dengan peralatan yang digunakan untuk nilai kepadatan dari timbunan

tersebut. Misalnya, jumlah lintasan untuk pemadatan dengan *compactor* yang digunakan.

Jenis tes yang dilakukan pada saat uji timbunan (*trial embankment*), meliputi :

- Kepadatan Lapangan (*field density*)
- Kadar Air (*water content*)
- Permeability Lapangan (*field permeability*)

Adapun pelaksanaan *trial embankment* adalah sebagai berikut :

- Material timbunan disebar dengan bulldozer sesuai dengan skema perencanaan dan tiang pancang konstruksi bangunan.
- Tebal maksimum hamparan timbunan sesuai dengan ketentuan rencana.
- Memadatkan hamparan timbunan dengan *compactor*.
- Mengadakan test kepadatan timbunan di lapangan dengan acuan data dari laboratorium.
- Melakukan penimbunan kembali sesudah test kepadatan memenuhi syarat per lapisan sampai didapatkan top elevasi permukaan tanah yang sudah ditentukan.
- Kombinasi dan spesifikasi peralatan yang akan dipakai (*Bulldozer, Dump Truck, Escavator, Compactor*) berpengaruh pada waktu atau cepat lambatnya pelaksanaan pekerjaan tersebut.

Air gravitasi yang mengalir di dalam tanah disebabkan oleh energi sebagai berikut :

- Energi potensial yang disebabkan oleh perbedaan tinggi atau posisi.
- Energi tekanan yang disebabkan oleh massa air atau tekanan yang lainnya.
- Energi kinetis yang disebabkan oleh kecepatan aliran.

2.6 Stabilitas Lereng

Pada kondisi permukaan tanah yang miring, terdapat gaya gravitasi yang mempunyai daya tarik yang menggerakkan tanah kebawah. Peristiwa longsor terjadi apabila gaya gravitasi tersebut sangat besar dan kekuatan geser tidak mampu menahannya (Hardiyatmo, 2006). Ada beberapa faktor yang menyebabkan kegagalan lereng atau tanah longsor, yaitu (Hardiyatmo, 2006) :

- a) Adanya beban tambahan pada lereng.
- b) Adanya penggalian pada lereng.
- c) Adanya perubahan tinggi muka air dengan cepat (*rapid draw down*).
- d) Adanya kenaikan tekanan lateral akibat air.
- e) Adanya gempa bumi.
- f) Menurunnya tahanan geser tanah akibat kadar air, adanya kenaikan air pori, tekanan rembesan yang disebabkan genangan air dalam tanah, untuk tanah berlempung sangat mudah mengalami kembang susut.

2.6.1 Teori Analisis Stabilitas Pada Lereng

Beberapa hal yang perlu dibahas antara lain konsep kestabilan lereng dan metode analisisnya berdasarkan pengalaman, perhitungan, dan grafik..

- a. Parameter penting yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng adalah kuat geser tanah (batuan). Keruntuhan geser pada tanah (batuan) terjadi karena adanya gerakan relatif antar butiran, sehingga kekuatannya bergantung pada gaya yang bekerja antar butiran.
- b. Kuat geser tanah (batuan) meliputi:
 1. Bagian yang bersifat kohesif sebagian bergantung bergantung pada jenis tanah (batuan) dan kombinasi partikel tanah.
 2. Bagian gesekan sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.
- c. Kekuatan geser tanah jenuh dinyatakan dengan rumus:

$$S = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

S : kekuatan geser (kN/m^2),

σ : tegangan total pada bidang geser (kN/m^2),

u : tekanan air pori (kN/m^3),

c' : kohesi efektif (kN/m^2),

ϕ' : sudut geser dalam efektif ($^\circ$).

- d. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada mekanisme geser benda-benda yang terletak pada bidang geser, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan 2.4.

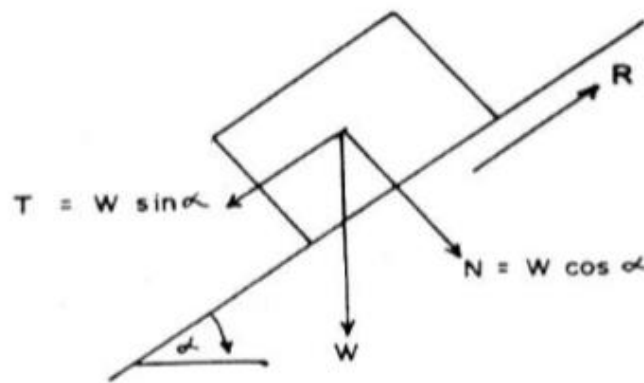
$R/T < 1$ benda akan bergerak.

$R/T = 1$ benda berada dalam kesetimbangan.

$R/T > 1$ benda akan diam.



Gambar 2.3 Kekuatan Geser Tanah dan Batuan



Gambar 2.4 Keseimbangan Benda pada Bidang Miring

Keterangan ;

W : Berat benda (kg).

N : Gaya normal (N).

T : Gaya tangensial (rad).

R : Gaya geser (N).

Untuk menentukan faktor keamanan pada bidang yang berpotensi perlu dilakukan analisa stabilitas dengan didasarkan konsep keseimbangan plastis batas. Berikut adalah teori dalam analisa stabilitas, yaitu :

1. Masalah 2 bidang dimensi merupakan longsornya lereng yang terjadi di sekitar permukaan bidang longsor tertentu.
2. Massa tanah yang terjadi kelongsorsan disebut juga benda yang masif.
3. Di titik-titik sepanjang bidang longsor, tahanan geser pada massa tanah dipengaruhi oleh orientasi permukaan longsor atau kuat geser tanah disebut *isotropis*.
4. Faktor keamanan dapat diartikan dengan melihat tegangan geser rata-rata di sepanjang bidang longsor yang berpotensi, serta kuat geser tanah rata – rata di sepanjang permukaan longsornya. Jadi untuk kuat geser tanah bisa saja melampui titik - titik tertentu pada bidang longsor, dengan syarat faktor keamanan harus lebih besar dari satu.

Faktor keamanan diartikan dengan nilai perbandingan antara gaya penahan dan gaya penggerak atau ;

$$F = \frac{\tau}{\sigma} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

F : Faktor keamanan.

τ : Tahanan geser maksimum tanah (kN/m²).

σ : Tegangan geser yang terjadi karena gaya berat tanah yang ingin longsor (kN/m²).

Tahanan geser maksimum (τ) tanah di sepanjang bidang longsornya, menurut teori Mohr-Columb dibuat persamaan seperti daibawah ini :

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

c : Kohesi (kN/m²).

φ : Sudut geser tanah (°).

σ : Tegangan geser akibat gaya berat tanah yang ingin longsor (kN/m²).

Dapat juga dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

c_d : Kohesi yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan (kN/m²).

φ_d : Sudut geser dalam tanah yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan (°).

Dengan persamaan 2.2 dan persamaan 2.3 dapat ditulis :

$$F = \frac{\tau = c + \sigma \tan \varphi}{\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$c_d + \sigma \tan \varphi_d = \frac{c}{F} + \sigma \cdot \frac{\tan \varphi}{F} \dots\dots\dots(2.6)$$

Sehingga faktor keamanan dari setiap kuat geser adalah :

$$F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$F_{\varphi} = \frac{tg\varphi}{tg\varphi_d} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

F_c : Faktor keamanan kohesi.

F_{φ} : Faktor keamanan pada sudut geser.

Tabel 2.1 Faktor Keamanan Minimum menurut R SNI-M-03-2002

No	Kondisi	Kuat Geser	Tekanan Air Pori	FK Tanpa Gempa	FK Dengan Gempa *
1.	Selesai konstruksi tergantung : 1. Jadwal konstruksi. 2. Hubungan antara tekanan air pori dan waktu. Lereng U/S dan D/S. Dengan gempa tanpa kerusakan digunakan 50 % koef. gempa desain.	1. Efektif	Peningkatan tekanan air pori pada urugan dan fondasi dihitung menggunakan data lab. dan pengawasan instrumen.	1,30	1,20
			Idem hanya tanpa pengawasan instrumen.	1,40	1,20
			Hanya pada urugan tanpa data lab. dan dengan/ tanpa pengawasan instrumen.	1,30	1,20
			Tanpa pengawasan instrumen.	1,30	1,20
2.	Aliran langgeng tergantung: 1. Elevasi muka air normal sebelah udik. 2. Elevasi muka air sebelah hilir. Lereng U/S dan D/S. Dengan gempa tanpa kerusakan digunakan 100 % koef. gempa desain.	1. Efektif	Dari analisis rembesan	1,50	1,20
3.	Pengoperasian waduk Tergantung : 1. Elev. Muka air maksimum di udik 2. Elev. Muka air minimum di udik (dead storage). Lereng U/S harus dianalisis untuk kondisi surut cepat	1. Efektif	Surut cepat dari El. muka air normal sampai El. muka air minimum. Lereng U/S dan D/S.	1,30	1,10
			Surut cepat dari El. MA maksimum sampai El. MA minimum. Pengaruh gempa diambil 0 % dari koef. gempa desain.	1,30	-
4.	Kondisi darurat tergantung : 1. Pembuntuan pada sistem drainase 2. Surut cepat karena penggunaan air melebihi kebutuhan. 3. Surut cepat keperluan darurat.	1. Efektif	Surut cepat dari El. MA maksimum sampai EL. terendah bangunan pengeluaran. Pengaruh gempa diabaikan.	1,20	-

* Catatan: periksa standar tentang Metode Analisis stabilitas lereng dinamik berdasarkan tipe urugan.

2.6.2 Metode-metode dalam Perhitungan Stabilitas Lereng

Dalam melakukan perhitungan stabilitas pada tanah perlu mempertimbangkan adanya faktor rembesan pada tanah yang nantinya akan memberikan kondisi drained dan undrained sehingga mempengaruhi kekuatan geser dari elemen tanah. Elemen pada tanah dapat dibedakan menjadi tanah homogen dan tanah tidak homogen. Untuk kondisi tanah tidak homogen yang memiliki garis rembesan yang tidak menentu dan berbeda dari tanah homogen, maka dalam mengatasi kondisi tanah yang

tidak homogen harus menggunakan beberapa metode perhitungan untuk mengatasinya.

Berikut merupakan beberapa metode dalam perhitungan stabilitas tanah :

a. Metode Irisan

Dalam metode irisan ini, dengan mengasumsikan bidang gelincir dalam bentuk lingkaran dengan O sebagai pusat lingkaran dan r adalah radius. Pada maasa tanah ABCD dengan bidang gelincir AC yang dibagi oleh garis vertikal dalam beberapa potongan, dengan lebar B seperti Gambar 2.5. Untuk ujung setiap irisan disebut sebagai garis datar dengan kemiringan α dan ketinggiannya terhitung dari (h) sebagai pusat irisan.

Didasarkan pada teori *limit equilibrium*, perhitungan gaya pada suatu irisan dapat dijabarkan, sebagai berikut (Craig, 2004) :



Gambar 2.5 Metode Irisan

- Dengan $W = \lambda \cdot b \cdot h$, untuk berat total irisan.
- Dengan $N = \sigma \cdot l$, untuk gaya normal di dasar pias. Gaya ini dibedakan menjadi dua kualifikasi yaitu ; gaya normal efektif ($N' = \sigma \cdot l$) dan gaya tekanan air ($U = u \cdot l$) dengan u merupakan tekanan air pori pada tengah dasar pias dan l merupakan panjang pada dasar pias.
- Dengan $T = \sigma_m \cdot l$, merupakan gaya geser pada dasar pias.
- Dengan E_1 dan E_2 , merupakan gaya normal total pada sisi pias.
- Dengan X_1 dan X_2 , merpuakan gaya geser pada sisi pias.

Dengan menjadikan titik O untuk momen, momen berat maasa tanah abcd penjumlahanya harus sama dengan semua momen pada gaya geser T dalam bidang gelincir AC. Untuk setiap irisan lengan momen dari W merupakan $r.\sin.\alpha$, maka :

$$\boxed{\Sigma T.r = \Sigma W.r.\sin\alpha} \dots\dots\dots(2.9)$$

Sedangkan,

$$\boxed{T = \frac{\tau}{F}} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\boxed{\Sigma \frac{\tau}{F}.l = \Sigma W.r.\sin\alpha} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\boxed{F = \frac{\Sigma \tau.l}{\Sigma W.\sin\alpha}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dalam menganalisa tegangan efektif menggunakan parameter efektif :

$$\boxed{F = \frac{\Sigma(c' + \sigma'.\tan\phi')l}{\Sigma W.\sin\alpha}} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\boxed{F = \frac{\Sigma(c' + \sigma'.\tan\phi')l}{\Sigma W.\sin\alpha}} \dots\dots\dots(2.14)$$

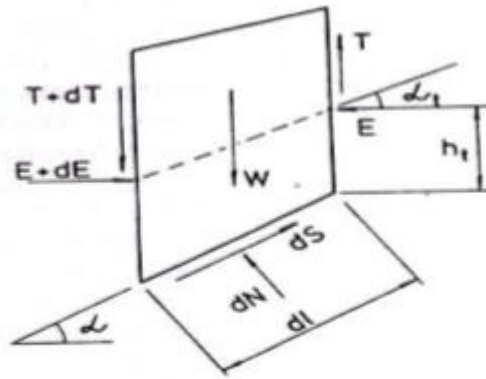
$$\boxed{F = \frac{(c'La + \tan\phi' \Sigma N_r)}{\Sigma W.\sin\alpha}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan, La : Panjang AC

Untuk persamaan 2.14 merupakan persamaan dasar yang digunakan untuk menghitung stabilitas pada lereng. Dalam perhitungannya ada banyak perkembangan yang menciptakan metode - metode perhitungan dengan mengembangkan dan menurunkannya dari teori *limit equilibrium*, antara lain:

- Metode *Fellinius*
- Metode *Bishop* yang disederhanakan
- Metode *Bishop* dan *Morgenstren*
- Metode *Spencer*

Pada bab ini hanya membahas metode *fellinius* untuk menganalisa stabilitas lereng. Dalam metode *fellinius* gaya yang bekerja disisi kanan dan kiri pada irisan yang memiliki resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Maka, kesetimbangan antara arah vertikal dan gaya – gaya yang bekerja dengan mempertimbangkan tekanan air pori seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gaya-gaya yang Bekerja dalam Irisan

$$N.l + U.l = W.l.\cos\alpha \quad (2.16)$$

Atau,

$$N.l = W.l.\cos\alpha - U.l \quad (2.17)$$

$$N.l = W.l.\cos\alpha - ul.\alpha \quad (2.18)$$

Faktor keamanan dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$F = \frac{\text{jumlah momen tahanan geser}}{\text{jumlah momen dari berat maasa tanah longsor}}$$

$$F = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \quad (2.19)$$

Lengan momen dari berat maasa tanah setiap irisan adalah $R.\sin\theta$, maka:

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^n W_i.l_i.\sin\theta_i \quad (2.20)$$

Dengan cara yang sama, untuk momen penahan tanah yang ingin longsor, adalah :

Dimana ;

R = jari – jari lingkaran pada bidang longsor (m).

n = jumlah irisan.

W_i = Berat irisan tanah irisan ke-i (kN).

θ_i = sudut pada bidang gelincir dengan garis horizontal (°).

Momen penahan tanah yang ingin longsor, dengan cara yang sama adalah :

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^n (c_i + N_i \tan\phi_i) \quad (2.21)$$

Maka, persamaan untuk faktor amannya adalah :

$$F = \frac{\sum_{l=1}^{l=n} (c_l + N_l \tan \phi_l)}{\sum_{l=1}^{l=n} W_l \sin \theta_l} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana;

- F = Faktor aman
- c = Kohesi (kN/m²)
- ϕ = Sudut gesek dalam tanah (°)
- W_i = Massa/berat isi tanah ke-i (kN)

Dalam metode *fellinius* dapat menghasilkan faktor keamanan yang rendah dengan perhitungan yang lebih teliti, faktor aman memengaruhi besar kecilnya nilai kesalahan dan sudut pusat lingkaran yang akan dipilih, serta besarnya nilai tegangan air pori. Untuk analisisnya juga ditinjau dari segi tegangan totalnya, dengan kesalahan analisisnya yang masih merupakan fungsi dari faktor keamanan di sudut pusat lingkaran. Dengan menggunakan perhitungan ini, banyak praktik yang mengguankannya karena memiliki perhitungan yang mudah dan meminimalisir kesalahan hitungan yang masih pada sisi aman (Hardiyatmo, 2006).

Ada beberapa pemograman di komputer yang digunakan untuk melakukan perhitungan stabilitas tanah dengan metode *limit equilibrium*, yaitu :

- a) Program STABI. Beberapa program yang dibuat di *Purdue University* pada tahun 1975 antara lain : PC_STABI, XSTABI, dan GEOSLOPE.
- b) Beberapa program dari *Texas University* antara lain : dengan program aslinya SSTABI dan dipublikasikan menjadi SSTABI, UTEXAS, UTEXA2, UTEXAS3.
- c) Beberapa program yang dibuat dari *California University, Berkeley*, antara lain : STABR, STABGM, SLOPE 8R, GEOSOFT.
- d) Program yang lainnya adalah PC – SLOPE, SLOPE/W, CLARA, GALENA, GSLOPE, TSLPOE.

b. Kondisi After Constraction

Kondisi dimana muka air bendungan dalam level nol (muka air kosong) atau waduk belum terisi oleh air. Untuk parameter kekuatan yang dipakai ialah parameter efektif pada material *free draining* dan parameter total pada material *non-free draining*. Oleh karenanya, sesudah selesai proses kontruksi bendungan, air yang ada pada bahan non-free draining belum mengalami pengeluaran air pori (*disipasi*) akibat proses pemadatan dan terkena air hujan.

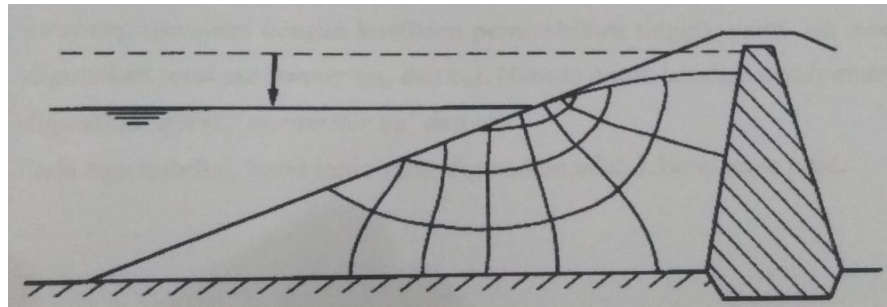
c. Kondisi Rembesan Tetap (Steady Seepage)

Pada tubuh bendungan yang terisi air secara penuh dan berada dalam kondisi *saturated* berarti bendungan dalam kondisi *steady seepage*. Parameter efektif digunakan untuk menganalisis bendungan. Jaring – jaring aliran digunakan untuk menganalisa *pore pressure*. Menggunakan angka keamanan setidaknya 1,2. Ada suatu kondisi yang harus diperhatikan yang nantinya adanya rembesan air akan membawa material – material halus bendungan yang mempengaruhi stabilitas bendungan yang disebut kondisi *Internal erroction*.

d. Kondisi Surut Cepat (Rapid Draw Down)

Saat air mencapai kondisi air tetap, maka akan ada kondisi dimana air dipermukaan tampungan mengalami surut cepat dan mengubah kontribusi tekanan air porinya. Penggunaan parameter *undrained* digunakan ketika suatu permeabilitas tanah bernilai rendah yang menyebabkan efek surut cepat berlangsung selama seminggu. Untuk pendistribusian tegangan air pori akibat surut cepat pada tanah dengan nilai permeabilitasnya yang tinggi akan menyebabkannya turun karena air porinya keluar terdrainase ke level yang lebih

rendah. Berikut merupakan contoh gambaran aliran rembesan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Aliran Rembesan pada Kondisi *Rapid Draw Down*

e. Memilih Parameter Kekuatan

Dalam memilih parameter kekuatan, ada dua (2) jenis parameter kekuatan yang digunakan saat menghitung stabilitas pada bendungan dalam tiga kondisi diatas tadi, yaitu;

1. *Drained*

Kondisi *drained* merupakan suatu kondisi material yang digunakan teralirkan tekanan air porinya, maka tegangan pada material tersebut adalah tegangan efektif dengan kata lain kekuatan material tersebut tidak terpengaruh oleh adanya tegangan air pori. Dalam kondisi ini parameter yang digunakan adalah parameter efektif (c' , ϕ'). *Gravel* dan pasir termasuk dalam kondisi *drained* dengan pereabilitas tinggi yang tergolong material *free draining*.

2. *Undrained*

Kondisi *undrained* merupakan suatu kondisi material yang tidak teralirkan tekanan air porinya, maka tegangan pada material itu adalah tegangan total dan terdapat tambahan dari tegangan air pori. Dalam kondisi ini parameter yang digunakan adalah parameter total (c_u , ϕ_u). Lanau dan tanah lempung termasuk dalam kondisi *undrained* yang tergolong dalam material *non-free draining* dengan permeabilitas rendah. Pada tabel 2.2 berikut ini

akan memberikan pilihan kondisi material dalam perhitungan stabilitas lereng pada tiga (3) kondisi tersebut.

Tabel 2.2 Pemilihan Tipe Perilaku Material oleh (Duncan, 1992) :

	<i>Condition</i>		
	<i>End of construction</i>	<i>Rapid draw-down and stage construction</i>	<i>Normal operating (steady seepage)</i>
<i>Analysis prosedure and shear strength for free draining zones – filters, rockfill, sand/gravel in foundation</i>	<i>Effective stress analysis using c', ϕ'</i>	<i>Effective stress analysis using c', ϕ'</i>	<i>Effective stress analysis using c', ϕ'</i>
<i>Analysis prosedure and shear strength for low permeability zones</i>	<i>Total stress analysis using S_u and $\phi_u(1)$ or effective stress analysis modelling partially saturated conditions</i>	<i>Total stress analysis using S_u and $\phi_u(1)$ for the dam prior to drawdown or construction of the second state</i>	<i>Effective stress analysis using c', ϕ', unless soils are constrictive(2) in which case use S_u measured in the dam</i>
<i>Internal pore pressures</i>	<i>No internal pore pressure (u) for total stress analysis; set u equal to zero in these zones. Pore pressures determined from</i>	<i>No internal pore pressures (u) for total stress analysis; set u equal to zero in these zones. Pore pressures from seepage analysis</i>	<i>Pore pressures from seepage analysis and/or from piezometer readings for effective stress analysis</i>

	<i>laboratory tests for effective stress analysis</i>	<i>for effective stress analysis</i>	
<i>Reservoir water</i>	<i>Include (usually as a zone with $c' = 0$, $\phi' = 0$. $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$)</i>	<i>Include (usually as a zone with $c' = 0$, $\phi' = 0$. $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$)</i>	<i>Include (usually as a zone with $c' = 0$, $\phi' = 0$. $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$)</i>
<i>Unit weights (3)</i>	<i>Total</i>	<i>Total</i>	<i>Total</i>

Kesimpulan yang dapat dari tabel 2.2 ialah :

- Pemilihan material untuk tiga kondisi perhitungan, untuk material *free draining* atau dengan nilai permeabilitas tinggi, seperti *rock*, *sand and gravel* menggunakan *effective strength* (c' , ϕ').
- Untuk kondisi *after construction* dan *rapid draw down*, pada material *non free draining* atau dengan nilai permeabilitas rendah, seperti *silt* dan *clay* menggunakan total parameter (c_u dan ϕ_u). Pada kondisi *steady state* masih menggunakan efektif parameter (c' , ϕ').
- Dalam 3 kondisi diatas, berat jenis yang dipakai merupakan berat jenis total.

Tabel 2.3 Pemilihan Material dalam Permodelan untuk 3 Tipe Kondisi

	Steady State		After Construction		Rapid Drawdown	
Kondisi	Drained / Undrained	Total / Efektif	Drained / Undrained	Total / Efektif	Drained / Undrained	Total / Efektif
Clay	U	T	U	T	U	T
Filter Kasar	D	E	D	E	D	E
Filter Halus	D	E	D	E	D	T
Random	D	E	D	E	D	E

Rocktoe	D	E	D	E	D	E
Riprack	D	E	D	E	D	E

Keterangan :

D : *Drained*

E : Efektif

T : Total

U : *Undrained*

2.6.3 Pemilihan Bidang Longsor

Pemilihan daerah longsor terkait dengan bentuk dan lokasinya akan diuraikan berikut ini.

a. Bentuk Bidang Longsor

Tiga bentuk daerah longsor yang umum digunakan adalah:

- 1) Lingkaran.
- 2) Tidak berbentuk lingkaran atau baji.
- 3) Bentuk spiral.

Longsor melingkar telah diamati pada tanah homogen. Bidang longsor non-lingkaran atau berbentuk baji telah diamati di tanah heterogen. Secara analitik, permukaan log-spiral longsor pada tanah homogen dihitung dengan memberikan faktor keamanan yang lebih rendah daripada bidang longsor melingkar. Oleh karena itu, dalam analisis bendungan urugan, semua bentuk bidang longsor harus dicoba untuk menempatkan pola sepanjang keruntuhan longsor yang mungkin terjadi.

b. Lokasi Daerah Longsor

Lereng yang retak diamati pada:

- 1) Lereng di bagian hilir bendungan.
- 2) Kemiringan bendungan yang menanjak saat air surut.

Perkembangan berbagai jenis ketidakstabilan lereng berkisar dari keruntuhan lokal di dasar bendungan hingga keruntuhan besar yang

menutupi puncak bendungan dan material di bawahnya. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis bidang longsor lokal di kaki bendungan, bidang longsor rata-rata yang menutupi 1/2 hingga 3/4 atap bendungan dan bidang longsor besar yaitu satu lereng, puncak bendungan, dan lereng berlawanan.

2.7 Stabilitas pada Bendungan terhadap Bahaya Rembesan

2.7.1 Teori Rembesan

Pada tahun 1856, Henry Darcy, seorang ahli hidrolik Prancis, melakukan percobaan tentang aliran air melalui lapisan tanah. Karena aliran air di lapisan tanah memiliki kecepatan yang sangat kecil, maka dapat dianggap sebagai aliran laminar. Darcy menemukan bahwa besarnya kecepatan aliran ke dalam atau ke luar tanah sebanding dengan gradien hidroliknya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam hukum Darcy adalah:

- Kecepatan aliran (V_d) adalah kecepatan aliran suatu zat cair dan didefinisikan sebagai jumlah total aliran yang melalui penampang massa tanah dalam satu satuan waktu. Karena aliran hanya terjadi melalui pori-pori tanah, maka aliran air aktual atau laju infiltrasi (V_s) untuk molekul air yang melewati saluran pori tanah akan lebih besar dari pada laju pelepasan.
- Laju rembesan kira-kira sama dengan laju debit dibagi dengan porositas tanah..
- Hukum Darcy hanya berlaku untuk aliran laminar (aliran air yang berdekatan sejajar dan sejajar dan kecepatan aliran V_d sebanding dengan gradien hidrolik (i). Jenis tanah, tetapi mengalir melalui kerikil kasar dan celah-celah dalam, batuan dapat bergerak secara turbulen dan V_d akan sebanding dengan akar kuadrat dari (i).
- Hukum Darcy **membatasi** aliran melalui **bahan** jenuh. Aliran melalui **bahan** tak jenuh dalam **keadaan "sementara" bergantung pada** waktu.
- Hukum Darcy tidak cocok untuk aliran melalui retakan atau patahan pada batuan.

Hukum Darcy dapat ditulis sebagai:

$$Q = k.i.A \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

$$Q = \frac{k (h_1 - h_2)}{L} A \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

$$Q/A = v = k.i \quad \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

Q : volume aliran air (cm³/dtk).

k : konstanta yang disebut koefisien permeabilitas (cm/dtk).

i : gradien hidrolik.

A : luas penampang tanah (cm²).

h₁-h₂ : perbedaan tinggi muka air pada kedua ujung contoh tanah (cm).

L : panjang lapisan tanah rembesan (cm).

v : kecepatan aliran (cm/dtk).



Gambar 2.8 Aliran Air di Dalam Butiran Tanah, Menurut Darcy

Hukum Darcy memiliki banyak aplikasi dalam analisis rembesan, antara lain:

- a) Penentuan permeabilitas di lapangan dan di laboratorium.
- b) Prediksi jumlah aliran laminar.

Dengan menambahkan beberapa modifikasi, hukum Darcy dapat diterapkan pada aliran turbulen, transien, dan jenuh sebagian.

2.7.2 Kontrol Keamanan Rembesan untuk Bendungan

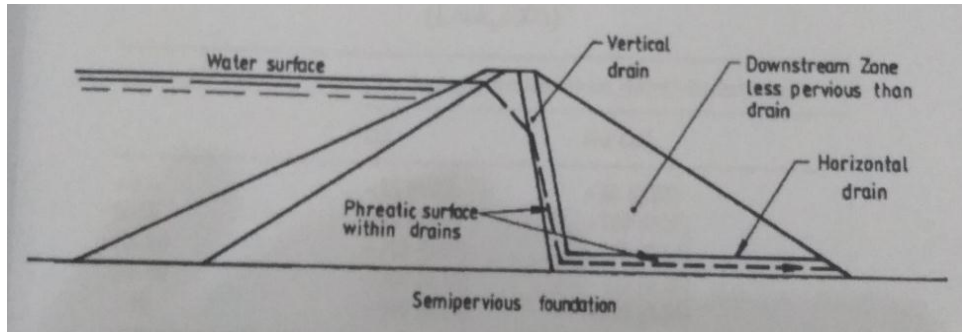
Tujuan dilakukannya kontrol rembesan pada bendungan baik yang lagi dikerjakan ataupun bendungan yang habis dikerjakan, menurut (Fell, 2006) adalah :

- ✚ Adanya tekanan air pori didalam tanah, baik pada tubuh bendungan ataupun pada pondasi. Kalaupun ada, harus dalam batas toleransi untuk stabilitas lerengnya.
- ✚ Memeriksa tidak adanya erosi dalam tubuh bendungan ataupun pada pondasi bendungan

Berikut merupakan kriteria yang harus dilakukan untuk melakukan justifikasi pada bendungan dari bahaya rembesan.

a. Pengamatan Garis Freatik

Desain *horizontal drain* dipakai agar memenuhi kapasitas aliran debit rembesan yang cukup dalam menampung aliran rembesan dari *vertical drain* ataupun pondasi tanpa memiliki kenaikan pada permukaan freatik ke bagian atas *horizontal drain* sampai menembus zona *pervious*. Akan tetapi, kalau saluran horisontal tidak memenuhi kapasitas debit rembesan, maka garis freatiknya (garis muka air untuk membatasi zona jenuh air dengan zona yang ada diatasnya yaitu zona jenuh sebagian dan kapiler) akan naik ke bagian atas drainase dan masuk ke zona diatasnya. Kejadian tersebut dapat menyebabkan adanya *piping* (erosi internal di dalam tubuh bendungan karena adanya aliran rembesan) dan menyebabkan instabilitas lereng pada hilir bendungan (Fell, 2006).



Gambar 2.9 Desain Drinase untuk Bendungan Urugan dalam Menghindari Naiknya Garis Freatik ke Bagian Atas Drainase (Fell, 2006)



Gambar 2.10 Desain Bendungan Urugan yang Tidak Dapat Menahan Debit Rembesan

b. Debit Rembesan

Debit rembesan pada tubuh bendungan memiliki beberapa kriteria penerimaan untuk mencegah adanya kebocoran bendungan yang bisa menyebabkan terbawanya material – material halus yang nantinya mengakibatkan gagalnya stabilitas pada tubuh bendungan. Kriteria tersebut adalah, sebagai berikut:

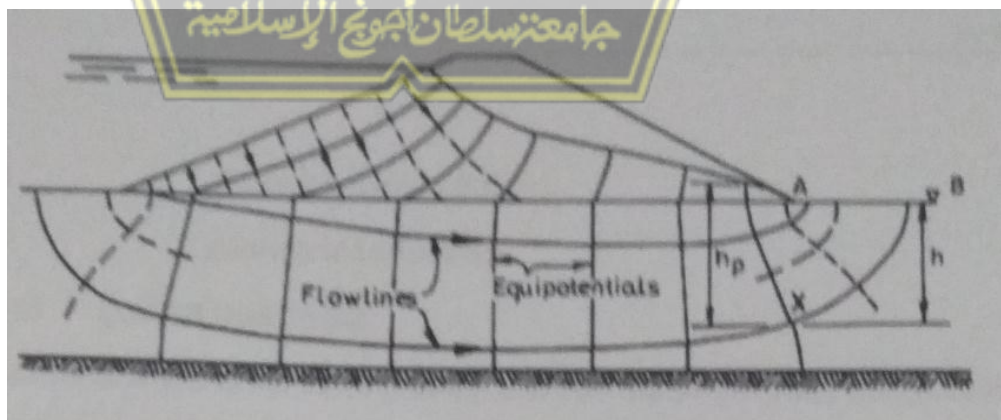
Tabel 2.4 Kriteria dalam penerimaan Debit Rembesan pada Bendungan Urugan Tanah (Look, 2005)

Dams Height (m)	Seepage (litres/day/metre)	
	Ok	Not ok
< 5	< 25 (0,02)	> 50 (0,03)
5 - 10	< 50 (0,03)	> 100 (0,07)
10 - 20	< 100 (0,07)	> 200 (0,14)
20 - 40	< 200 (0,14)	> 400 (0,28)
> 40	< 400 (0,28)	> 800 (0,56)

c. Keamanan Boiling

Peristiwa *boilling* merupakan kejadian adanya rembesan air yang terdapat pada lereng hulu menuju lereng kaki hilir bendungan dengan pondasi lajur. Terdapat beberapa kemungkinan yang disebabkan oleh peristiwa *boilling* menurut Fell tahun 2005, yaitu:

- Hilangnya kekuatan geser yang mengakibatkan *slope instability*.
- Dapat menyebabkan *piping*.



Gambar 2.11 Tempat Terjadinya Peristiwa Boiling di Hulu Bendungan (Fell, 2005)

Dalam gambar 2.11. pada area A – B terduga terjadi peristiwa *boiling* karena permeabilitas tanah rendah yang tertekan oleh aliran rembesan air. Titik X pada gambar 2.11. merupakan titik tinjauan untuk menentukan faktor keamanan dalam mengatasi peristiwa *boiling* dan dihitung dengan rumus (Fell, 2005), adalah :

$$F_{UT} = \frac{\sigma_v}{u} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

σ_v : Total tegangan vertikal pada sembarang titik pondasi (kN/m²).

u : Tegangan air pori di titik yang sama (kN/m²).

Atau,

$$F_s = \frac{h \cdot \gamma_{sat}}{h_p \cdot \gamma_w} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

F_s : Angka keamanan *boilling*

γ_{sat} : Berat jenis jenuh pondasi (kN/m³)

γ_w : Berat jenis air (kN/m³)

h_p : *Piezometric head* (m)

Dalam perhitungan faktor keamanan, harus disesuaikan dengan risiko kegagalannya dan ketepatan penaksiran tekanan dengan nilai faktor keamanan tidak boleh kurang dari 1,5. Untuk perhitungan tekanan air pori di hitung menggunakan cara manual (Cedergren, 1972 dalam Fell, 2005).

Untuk perhitungan lainnya dalam menghitung keamanan bendungan terhadap bahaya *boiling* adalah dengan persamaan berikut :

$$F_s = \frac{I_{cr}}{I_{max}} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

F_s : Angka keamanan *boilling*.

I_{cr} : Gradien hidrolik kritis.

I_{max} : Gradien maksimum.

Gradien hidrolik minimum menyebabkan kondisi mengapungnya jenis tanah tertentu biasa disebut dengan gradien hidrolik kritis. Dari persamaan berikut dapat dihitung (Hardiyatmo, 2006).

$$I_{cr} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

G_s : Berat jenis pondasi

e : Angka pori

Untuk tanah dengan pasir padat dengan $G_s = 2,65$, didapat $e = 0,65$ (Hardiyatmo, 2006), sehingga :

$$I_{cr} = \frac{2,65-1}{1+0,65} = 1$$

d. *Piping* (Erosi Buluh)

Piping terjadi ketika air dari waduk mengalir melalui pori-pori tanah (rembesan) menciptakan tarikan pada partikel tanah yang menyebabkan partikel tanah terangkut ke bagian hilir. Peristiwa *piping* disebabkan oleh kemiringan hidrolik yang berlebihan di kaki bendungan. Secara fisik, *piping* dimulai dengan pembentukan kerucut yang disebut *boiler* atau air keruh yang mengalir dari lereng hilir. Pengangkutan partikel halus berlanjut ke hulu hingga membentuk pipa di badan atau dasar bendungan.

Lima kondisi pemicu *piping* adalah:

- Pembentukan jalur aliran air,
- Gradien hidrolik pada *outlet* telah melebihi nilai batas tergantung pada jenis tanah,
- Output* dalam keadaan bebas dan tidak terlindungi dengan baik oleh filter,
- Ada tanah pipa di saluran aliran rembesan,
- Pipa telah terbentuk atau tanah di atasnya telah membentuk seperti "atap" rumah untuk menjaga "pipa" terbuka.

Piping biasanya terjadi dalam kondisi berikut:

- Rembesan melalui lapisan tanah yang terkikis dan tidak ada upaya untuk mengurangi infiltrasi dilakukan untuk mengurangi gradien hidrolik.
- Tidak adanya filter dan upaya untuk mengurangi tekanan rembesan di *outlet* untuk mencegah migrasi partikel tanah.
- Metode pengurangan rembesan tidak diterapkan dengan benar. Jenis tanah yang rawan akan *piping* antara lain berkonsistensi urai, pasir

halus berkualitas buruk adalah lanau dan pasir berbutir halus dengan PI < 6 > 15% juga memiliki potensi yang tinggi untuk peristiwa *piping*, memiliki daya dukung yang cukup tinggi untuk peristiwa *piping*. Namun, tanah yang menahan *piping* dapat rentan terhadap erosi internal.

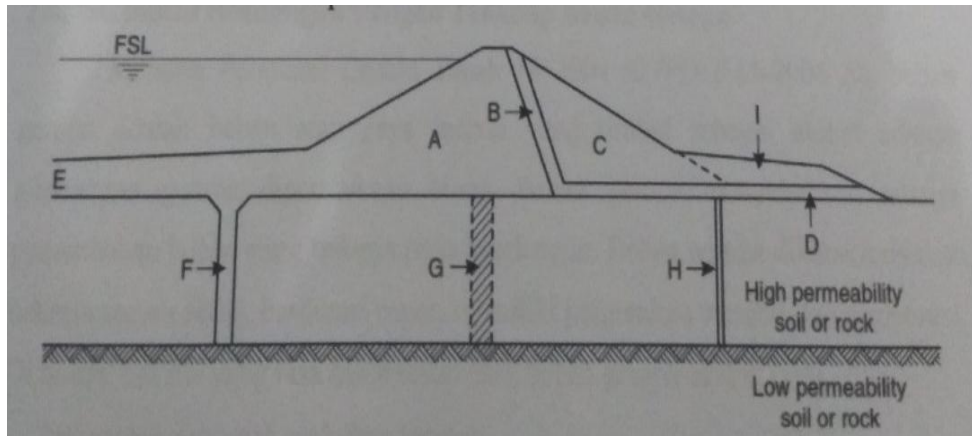
e. Erosi Internal

Kegagalan yang disebabkan oleh erosi internal terlihat seperti kegagalan yang disebabkan oleh *piping*. Setelah kerusakan, terowongan pipa terjadi di dalam atau di bawah timbunan. Namun, mekanisme *piping* dan erosi internal berbeda. Dalam kedua kasus, tegangan aliran dengan gradien hidraulik tinggi membawa partikel tanah. Dalam kasus *piping*, gaya tarik timbul dari aliran air antara partikel tanah. Erosi internal terjadi ketika air mengalir:

- a. Sepanjang retakan dan celah-celah di tanah dan batuan dasar.
- b. Sepanjang batas antara tanah dan batuan dasar.
- c. Antara tanah dan struktur / beton atau bangunan logam.

2.7.3 Metode Penanganan Rembesan

Dengan dibuatnya bendungan zonal, terdapat rembesan air yang sangat berpengaruh terhadap stabilitas bendungan. Bendungan zonal merupakan bendungan yang terdiri dari beberapa bagian atau zona dengan setiap zona bendungan berasal dari beberapa timbunan material yang mempunyai karakteristik berbeda. Berikut merupakan desain zonasi bendungan untuk meminimalkan bahaya karena rembesan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Desain Bendungan Urugan Tanah untuk Meminimalkan Bahaya Rembesan Dan Erosi (Fell, 2005)

Keterangan :

- Titik A merupakan zona inti yang memiliki permeabilitas tanah rendah.
- Titik B merupakan filter cerobong dengan bagian yang memotong tubuh bendungan untuk mengatasi peristiwa erosi internal dan mengontrol tekanan air pori tanah.
- Titik C merupakan zona hilir yang berfungsi sebagai stabilitas bendungan dan mengontrol tekanan air pori jika, permeabilitasnya lebih tinggi dari zona inti dan zona filter.
- Titik D merupakan filter saluran horisontal yang berguna dalam mengalirkan air yang tertangkap di saluran filter cerobong.
- Titik E merupakan selimut permeabilitas rendah di sisi hulu (*upstream low permeability blanket*) yang berfungsi untuk memperpanjang alur rembesan air dan juga mengurangi debit aliran rembesan dan exit gradien.
- Titik G merupakan grouting yang berfungsi sebagai pengurang peristiwa rembesan dan *exit gradient*.
- Titik H merupakan sumur pengering tekanan (*pressure relief wells*) yang berguna dalam membantu keluarnya air dari saluran horisontal sehingga tekanannya berkurang.

- Titik I merupakan tumit pemberat (*weight berm*) yang berfungsi untuk meningkatkan stabilitas tanah lereng di hulu dan mengatasi peritiswa *boiling*.

Dalam penggunaan pengamanan rembesan, disesuaikan dengan kondisi bendungan tersebut. Seperti pada bendungan urugan batu yang inti timbunannya berupa tanah *clay* atau lempung dan diletakan diatas pondasi batuan yang kuat sehingga tahan akan bahaya erosi. Akan tetapi, pada pekerjaannya tetap saja membutuhkan pekerjaan grouting namun tanpa saluran filter horisontal.

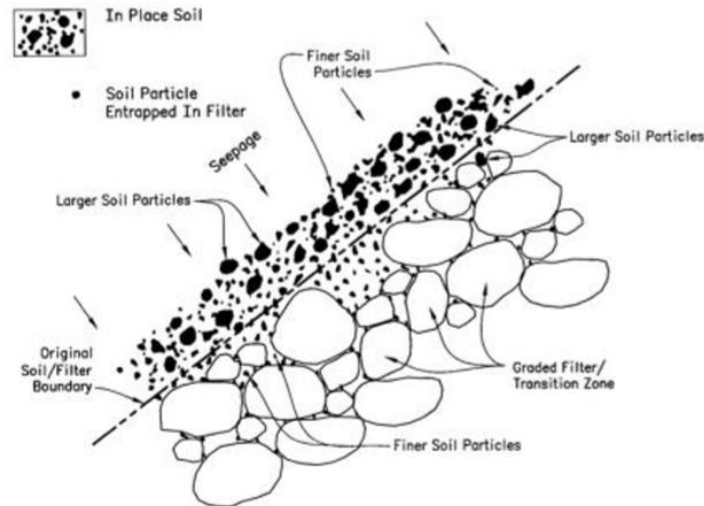
2.7.4 Pengendalian Rembesan

Penting untuk memahami metode yang digunakan untuk mengontrol infiltrasi dan hubungannya dengan bendungan dan struktur bantu. Pada prinsipnya, cara untuk meningkatkan kontrol penetrasi adalah:

- Area filter dan area transisi.
- Metode pengurangan rembesan.
- Berbagai jenis drainase,
- Perbaikan pondasi dan tumpuan.

a) Lapisan Filter

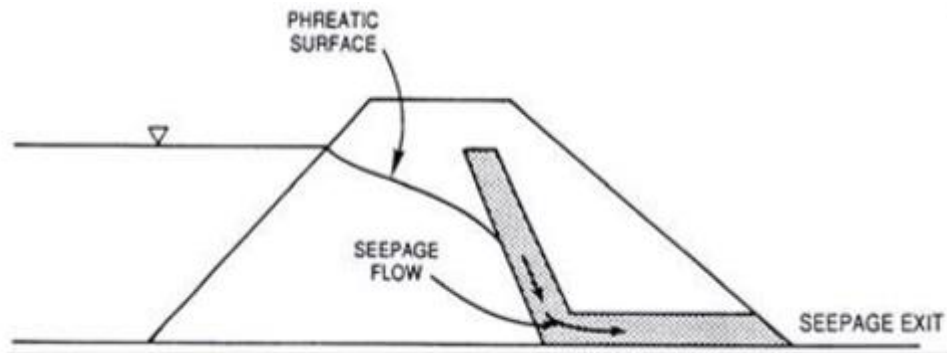
Lapisan filter digunakan pada badan bendungan dan pondasi untuk melindungi pengangkutan butiran dari rembesan sambil membiarkan air rembesan keluar tanpa menimbulkan tekanan air pori yang berlebihan. Lapisan filter dirancang secara individual, pipa pembuangan dirancang untuk mengalir bersamaan dengan filter. Laju aliran rembesan yang diharapkan dari gradasi pengisi akan menentukan desain filter yang dibutuhkan. Konsep dasar fungsi filter sebagai pelindung partikel tanah dijelaskan di bawah ini.



Gambar 2.13 Lapisan Filter sebagai Pelindung Terhadap *Piping*

Lapisan filter digunakan tidak hanya untuk *piping*, tetapi juga untuk mengatasi masalah erosi internal. Dengan demikian, air yang keluar merupakan faktor sekunder untuk menyaring partikel tanah melalui retakan, tergantung pada bidang kontak bangunan, struktur pelengkap, tanggul atau pondasi.

Lapisan filter yang dirancang dan dibangun dengan baik dapat “menangkap” rembesan timbunan. Sebagai berikut, air rembesan dapat mengalir dengan bebas ke saluran keluar yang aman di tepi hilir timbunan tanpa membawa partikel tanah. Jika melewati retakan penetrasi, retakan tersebut harus berakhir pada permukaan filter sehingga desain hanya mempertimbangkan aliran rembesan melalui partikel tanah. Jika kemiringan filter memenuhi kriteria utama, tidak ada pemipaan yang akan terjadi meskipun jumlah kemiringan yang sama besar. Misalkan lapisan filter harus cukup lebar untuk mencegah retak lagi dan memiliki kapasitas yang cukup untuk memungkinkan aliran osmotik mengalir tanpa tekanan air pori yang berlebihan.

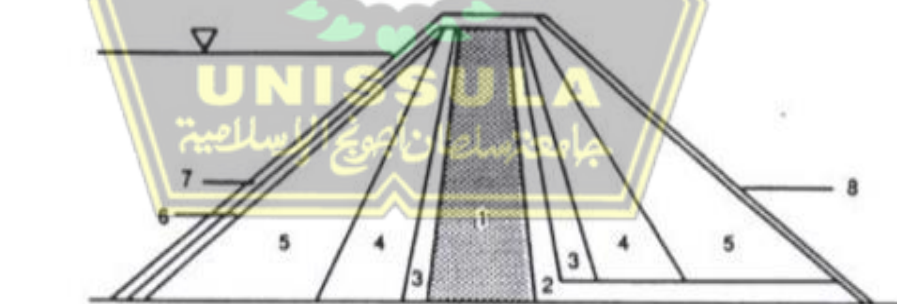


Gambar 2.14 Lapisan Filter yang dapat Menangkap Air Rembesan dengan Baik

b) Mengurangi/Meminimalkan Rembesan

Metode ini digunakan untuk mengurangi tekanan air tekanan tinggi yang merembes melewati timbunan . Beberapa opsi berikut ini di bawah ini:

- 1) **Desain Struktur bangunan** tanah homogen dengan **kemiringan** yang relatif sangat landai.
- 2) **Membuat zona inti condong** ke hulu.
- 3) Struktur bendungan dengan **area** inti tengah.
- 4) Struktur dinding inti dibuat dengan beton atau tanah bentonit yang plastis.



Gambar 2.15 Zona Inti Kedap Air di Tengah

Keterangan :

1. Area Inti
2. Filter atau drainase
3. Transisi
4. Zona isi

5. Zona pelindung/kulit
6. Area transisi hulu
7. Area pelindung stabilitas hulu
8. Area pelindung stabilitas hilir

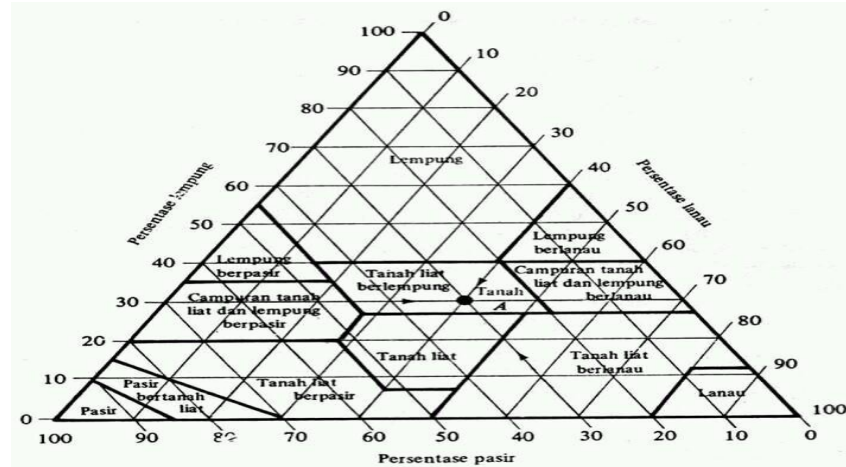
2.8 Tanah

2.8.1 Definisi Tanah

Tanah adalah suatu bahan yang agregat-agregatnya tidak terikat satu sama lain dan terbuat dari bahan-bahan alam yang menjadi usang apabila zat cair dan gas mengisi rongga-rongga (*voids in the soil*) pada partikel-partikel tanah padat. Dalam mengatur jenis tanah yang berbeda, kerangka pengaturan dibuat untuk membuatnya lebih mudah untuk menggambarkan sesaat sifat keseluruhan tanah yang berbeda tanpa penjelasan rinci (Das, 1985).

2.8.2 Sistem Klasifikasi Tanah oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat

Permukaan tanah atau tekstur tanah dipengaruhi oleh setiap ukuran butir dalam tanah, biasanya tanah asli merupakan campuran dari berbagai jenis partikel tanah. Sistem Klasifikasi Tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat mengklasifikasikan tanah berdasarkan teksturnya, seperti: lempung berpasir, lempung berlumpur, dan tanah lainnya. Pada Gambar 2.16, ini adalah klasifikasi yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat.



Gambar 2.16 Klasifikasi Tanah yang Dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat

(Sumber : United State Department of Agriculture, USDA)

2.8.3 Sistem Klasifikasi Tanah Unified

Sistem *unified* ini banyak digunakan secara umum oleh para ahli, teknik ini dipopulerkan oleh Casagrande pada tahun 1942. Sistem pengelompokan tanah ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Tanah dengan butiran kasar (*coarse-grained soil*).
2. Tanah dengan butiran halus (*fine-grained soil*).

Sistem Dalam klasifikasi tanah *unified* (USCS), untuk setiap tanah memiliki simbol – simbolnya sendiri, sebagai berikut :

1. Material kerikil (*gravel*) atau tanah dengan kerikil bersimbolkan huruf G.
2. Material pasir (*sand*) atau tanah dengan pasir bersimbolkan huruf S.
3. Material lanau (*slit*) un-organik bersimbolkan huruf M.
4. Material lempung (*clay*) bersimbolkan huruf C.
5. Material lanau organik dan lempung organik bersimbolkan huruf O.
6. Material tanah gambut (*peat*) dan tanah lain dengan kadar tinggi bersimbolkan huruf PT.

7. Material dengan gradasi baik (*well graded*) bersimbolkan huruf W.
8. Material dengan gradasi buruk (*poorly graded*) bersimbolkan huruf P.
9. Material dengan plastisitas rendah atau LL (*liquid limit*) < 50 (*low plasticity*) bersimbolkan huruf L.
10. Material dengan plastisitas tinggi atau LL (*liquid limit*) > 50 (*high plasticity*) bersimbolkan huruf H.

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah *Unified* (Das, 1985)

Divisi utama			Simbol kelompok	Nama umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200 [†]	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung
Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)	
		OL	Lanau - organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis.	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
		Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT

*Menurut ASTM (1982)

† Berdasarkan tanah yang lolos ayakan 75 mm (3 in)

2.8.4 Uji Laboratorium

Uji laboratorium dilakukan untuk menentukan data primer tanah timbunan dari timbunan. Uji laboratorium dilakukan agar dapat mengetahui susunan di dalam tanah yang sangat beragam. Jenis-jenis tanah yang beragam tersebut disebabkan oleh beberapa faktor seperti ukuran, bentuk butiran, kandungan material dalam tanah, dan kadar air di dalam tanah.

2.8.4.1 Uji Kadar Air (Water Content)

Uji kadar air (w) di dalam tanah merupakan perbandingan berat air (W_w), dengan berat butiran (W_s) dan dinyatakan dalam persen (Hardiyatmo, 2006).

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.30)$$

2.8.4.2 Analisa Bentuk Ukuran Butiran Tanah (Grain Size Analysis)

Sifat-sifat tanah ditentukan oleh besarnya ukuran butiran tanah tersebut, maka tanah-tanah harus didistribusikan sesuai ukurannya. Gunanya untuk menentukan presentase berat pada butiran dalam satu saringan dengan ukuran saringan tertentu. Dengan adanya analisa butiran tanah tersebut, maka tanah dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Tanah dengan butiran kasar
 - Kerikil (*gravel*) = diameter butiran lebih besar dari 2 mm.
 - Pasir (*sand*)
 - Pasir kasar : Berdiameter 0,5 mm sampai 2 mm
 - Pasir sedang : Berdiameter 0,2 mm sampai 0,5 mm
 - Pasir halus : Berdiameter 0,06 mm sampai 0,2 mm
2. Tanah dengan butiran halus
 - Lanau : Berdiameter 0,002 mm – 0,6 mm
 - Lempung : Berdiameter kurang dari 0,002 mm

Dalam mendapatkan ukuran butiran yang dibutuhkan, maka dilakukan dua jenis uji analisa di laboratorium, yaitu :

1. Analisa Saringan

Analisa saringan dipakai pada tanah dengan butiran kasar dan tertahan pada saringan 0,074 mm. Untuk menentukan ukuran butiran, maka dilakukan pengayakan material pada tanah dengan beberapa rangkaian saringan seperti pada Gambar (2.17).



Gambar 2.17 Analisa Saringan

(Sumber: Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Unissula)

2. Analisa Hidrometri

Analisa hidrometri ini dipakai pada tanah butiran halus yang lolos pada saringan 0,074 mm. Analisa ini dilakukan menggunakan tabung hidrometri seperti pada Gambar (2.18).

1. *Liquid Limit (LL)*

Batas cair diartikan dengan kadar air dalam tanah pada batas antara kondisi cair dan kondisi plastis (batas atas pada daerah plastis). Berikut merupakan persamaan batas cair, (Hardiyatmo 2006) :

$$LL = w \frac{N}{25} \times tg\beta \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

N : Jumlah ketukan, untuk menutup celah 0,5 inchi (12,7 mm).

w : Kadar air.

tgβ : 0,121 (untuk tgβ tidak sama untuk semua jenis tanah).

2. *Plastic Limit (PL)*

Batas plastis diartikan dengan kadar air pada kondisi antara daerah plastis dan daerah semi padat (presentase kadar air dengan tanah berdiameter silinder 3,2 mm yang retak ketika digulung).

3. *Shrinkage Limit (SL)*

Batas susut diartikan dengan kadar air pada kondisi antara daerah semi padat dan daerah padat (presentase kadar air ketika pengurangan kadar air tidak menyebabkan perubahan volume). Uji tanah susut dilakukan dengan cawan perselin dengan diameter 44,4 mm dan tinggi 12,7 mm (Gambar 2.20). Untuk bagian dalam cawan diberi pelumas yang kemudian diisi dengan tanah. Lalu dikeringkan ke dalam oven. Untuk volumenya ditentukan dengan memasukkannya ke dalam air raksa. Berikut merupakan persamaan batas susut, (Hardiyatmo 2006) :

$$SL = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

m1 : Berat tanah basah pada cawan percobaan (g).

m2 : Berat tanah kering dari oven (g).

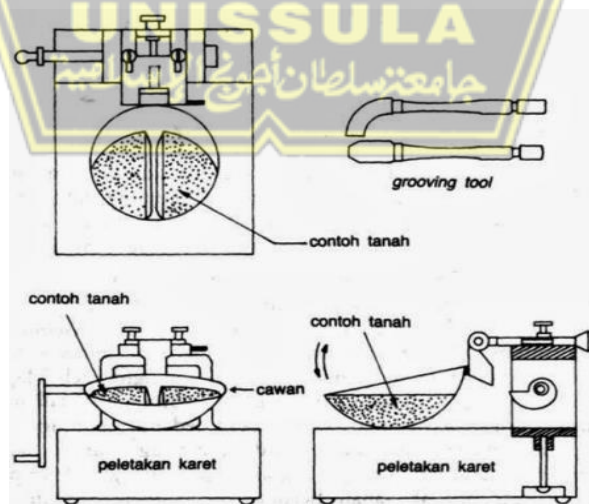
v1 : Volume tanah basah (cm³).

v_2 : volume tanah kering dari oven (cm^3).
 γ_w : Berat volume air (g/cm^3).

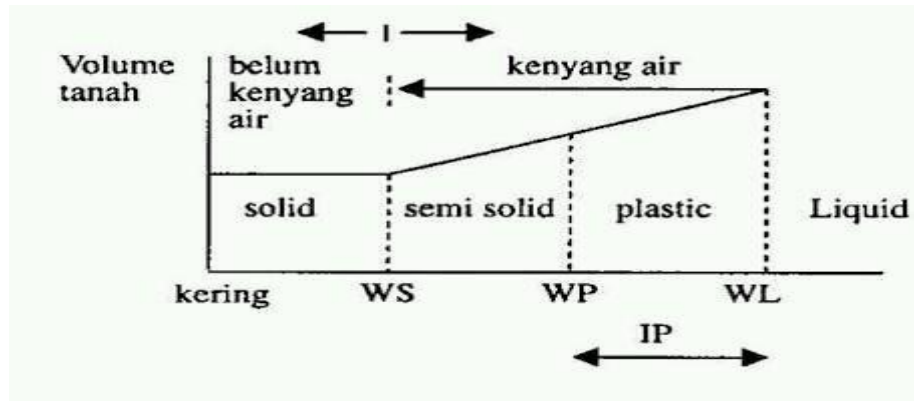


Gambar 2.20 Alat Uji Batas Cair

(Sumber: Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Unissula)

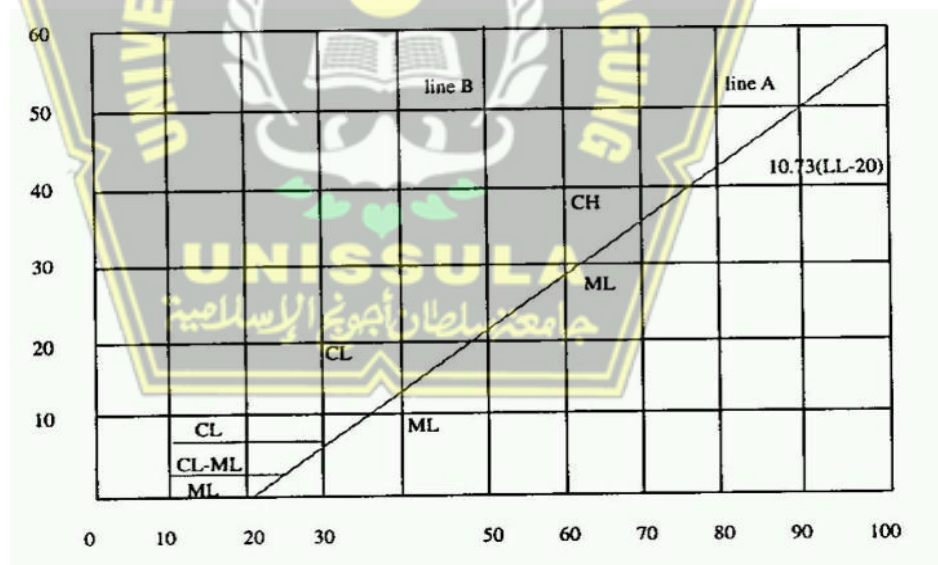


Gambar 2.21 Skema Alat Uji Batas Cair



Gambar 2.22 Variasi Volume dan Batas Air pada Posisi Batas Cair, Batas Plastis dan Batas Susut

Ketika sudah mendapatkan data – data dari batas Atterberg, kemudian data tersebut dapat menentukan karakteristik tanah lempungnya dengan memplot nilai $PI = LL - PL$ dan LL ke dalam grafik karakteristik tanah lempung dengan menariknya hingga berpotongan di satu titik (Gambar 2.23). Dan titik potonganya dijelaskan dalam **Tabel 2.5** tentang karakteristik lempung.



Gambar 2.23 Grafik untuk Menentukan Klasifikasi Lempung

Tabel 2.6 Daftar Simbol Karakteristik Tanah Lempung (Craig, 2004)

Main Term	Symbol	Qualifying Term	Symbol
KERIKIL	G	<i>Well graded</i>	W
PASIR	S	<i>Poorly graded</i>	P
		<i>Uniform</i>	Pu
		<i>Gap graded</i>	Pg
TANAH HALUS	F	<i>Of low plasticity ($w_L < 35$)</i>	L
LANAU	M	<i>Of intermediate plasticity ($w_L : 35-50$)</i>	I
LEMPUNG	C	<i>Of high plasticity ($w_L : 50-70$)</i>	H
		<i>Of very high plasticity ($w_L : 70-90$)</i>	V
		<i>Of extremely plasticity ($w_L > 90$)</i>	E
		<i>Of upper plasticity range ($w_L > 35$)</i>	U
GAMBUT	Pt	<i>Organic</i>	O

2.8.4.4 Specific Gravity

Specific gravity (G_s) merupakan perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dan volume air (γ_w) di temperatur 4 °C, (Hardiyatmo, 2006) :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2.33)$$

Specific gravity tidak memiliki dimensi atau satuan. Berbagai berat jenis tanah berkisar antara 2,65 – 2,75. Untuk berat jenis 2,65 digunakan pada tanah yang tidak berkohesif (tanah granuler). Untuk berat jenis 2,68 – 2,72 digunakan untuk tanah kohesif yang mengandung tanah organik.

2.8.4.5 Standart Proctor Test

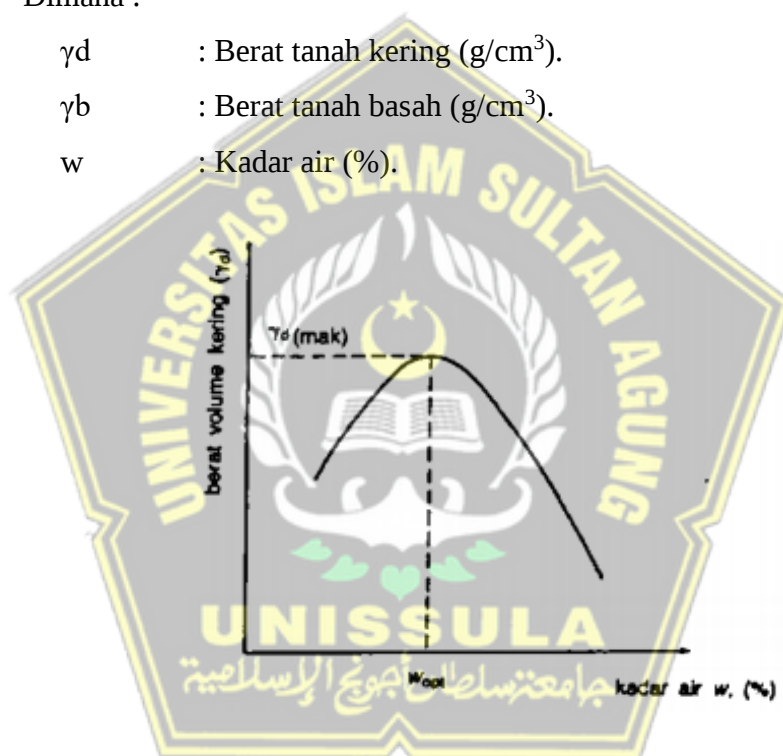
Standart proctor test merupakan uji laboratorium yang dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat volume air agar

memenuhi syarat kepadatan (Hardiyatmo, 2006). Uji ini dilakukan dengan beberapa tanah dalam 3 lapisan dengan 25 kali tumbukan untuk setiap lapisan. Untuk kadar air yang berasal dari *plastic limit* (W_{pl}) untuk kadar air puncak rencana dan untuk sisi kering dilakukan pengurangan serta untuk sisi basah dilakukan penambahan. Berikut merupakan persamaan berat kering :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana :

- γ_d : Berat tanah kering (g/cm^3).
- γ_b : Berat tanah basah (g/cm^3).
- w : Kadar air (%).



Gambar 2.24 Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering (γ_d)



Gambar 2.25 Seperangkat Alat *Proctor Test*
(Sumber: Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Unissula)

2.8.4.6 Uji Kuat Geser

1. Uji Triaxsial

Uji triaxsial merupakan uji coba yang dilakukan dalam menentukan gaya perlawanan yang disebabkan oleh butiran – butiran tanah terhadap tarikan atau desakan. Saat uji triaksial dilakukan, benda uji yang digunakan berdiamter kurang lebih 3,81 cm dengan tinggi 7,62 cm. Benda uji kemudian dimasukkan ke dalam selubung karet tipis yang diletakkan di dalam tabung kaca, serta tabung tersebut sudah diisi air atau udara. Benda uji kemudian ditekan dengan tekanan cairan (tekanan sel) yang berasal dari dalam tabung. Udara di dalam tabung digunakan untuk media menerapkannya tekanan sel (tekanan kekang). Kemudian alat pengujian di hubungkan dengan pengontrol drainase ke dalam ataupun keluar benda uji coba. Untuk mencapai hasil kegagalan geser, gaya aksial ditaruh pada bagian atas benda uji. Uji triaxsial dibagi menjadi 3 cara, yaitu (Hardiyatmo, 2006) :

- a. *Unconsolidated – undrained* atau *UU* (tak terkonsolidasi – tak terdrainase).
- b. *Consolidated – undrained* atau *CU* (terkonsolidasi – tak terdrainase).
- c. *Consolidated - drained* atau *CD* (terkonsolidasi - terdrainase).

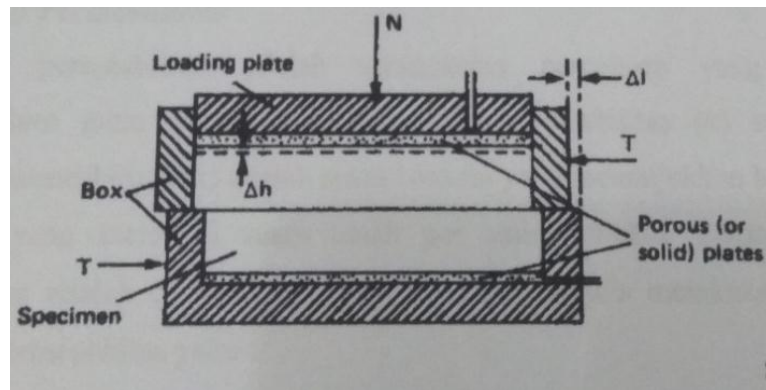


Gambar 2.26 Alat Uji Triaxsial

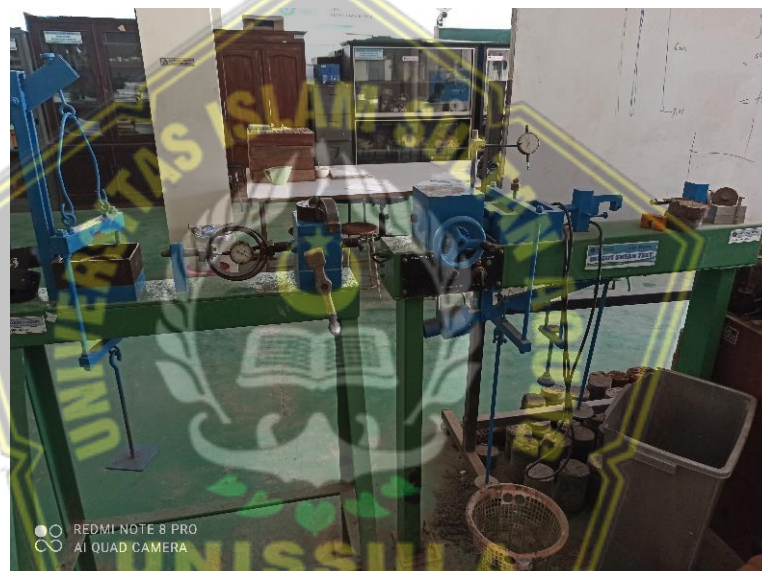
(Sumber: Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Unissula)

2. Uji *Direct Shear*

Uji *direct shear* merupakan uji kuat geser tanah dengan benda uji yang di kekang pada sebuah kotak besi (*shear box*). Output pengujian direct shear dan triaksial ini berupa lingkaran mohr dengan sumbu koordinat ialah tegangan normal (τ) dan sumbu absisnya ialah tegangan pengegang (σ) (Craig, 2004).

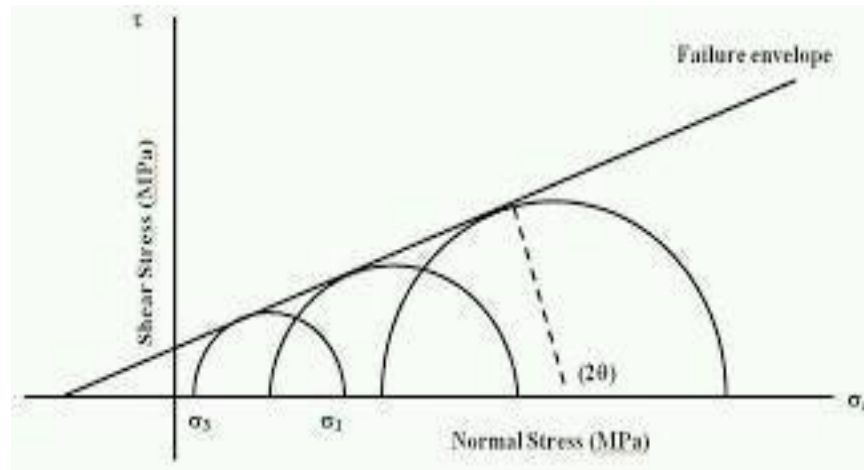


Gambar 2.27 Sketsa *Shear Box*



Gambar 2.28 Alat Uji *Direct Shear*

(Sumber: Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Unissula)



Gambar 2.29 Output Pengujian Triaxsial dan *Direct Shear*

2.8.4.7 Uji Permeabilitas Tanah

Uji permeabilitas tanah adalah uji laboratorium untuk mendapatkan hasil koefisien permeabilitas (k) pada tanah. Koefisien permeabilitas (k) merupakan suatu besaran yang memperlihatkan besarnya laju aliran air pada tanah per satuan waktu dengan satuan (cm/s). Uji permeabilitas dapat dilakukan pada dua uji, yaitu :

a) *Constant-Head Test*

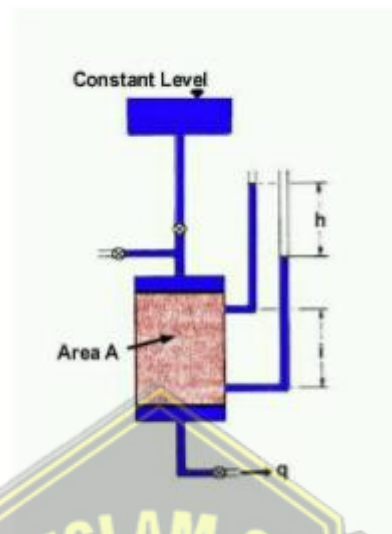
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui koefisien permeabilitas pada tanah granular. Dapat dilihat pada gambar 2.30 prinsip kerjanya yaitu dengan meletakkan benda uji pada silinder. Tinggi energi yang hilang ialah (h). Aliran air yang melalui tanah diatur dan air yang keluar ditampung di dalam gelas ukur. Untuk waktu pengujian (t) permeabilitas dihitung dengan persamaan di bawah ini (Christady, 2006) :

$$K = \frac{QL}{h \cdot At} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana :

- K : Koefisien permeabilitas (cm/s).
- Q : Debit aliran (cm³/s).
- L : Panjang benda uji (cm).
- h : Hilangnya energi (cm).

t : Waktu aliran (s).
 A : Luas penampang aliran (cm²).



Gambar 2.30 Sketsa Pengujian *Constant-Head*

b) *Falling-Head Test*

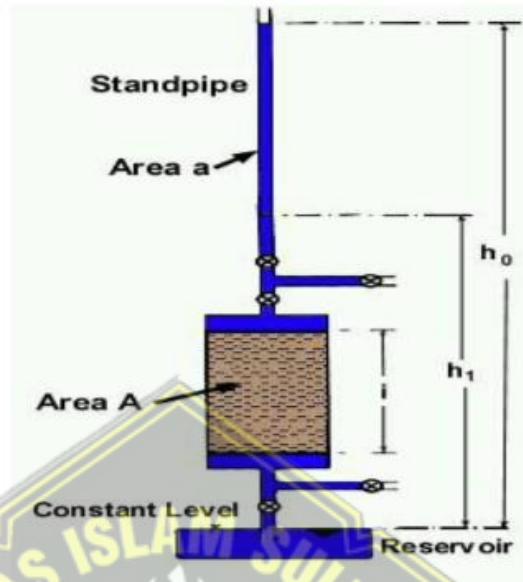
Pengujian *falling-head test* dilakukan dalam menentukan koefisien permeabilitas pada tanah dengan butiran halus. Pada Gambar 2.31 menunjukkan sketsa pengujian *falling-head test* dengan memasukkan benda uji kedalam tabung. Pipa ukur didirikan di atas benda uji, kemudian menuangkan air lewat pipa pengukur dan biarkan melewati benda uji. Ketinggian air uji (h_0) pada saat waktu (t_1) = 0 di catat. Dalam waktu tertentu (t_2) setelah pengujian sedang berlangsung dan muka air menjadi (h_1). Koefisien permeabilitas di hitung dengan rumus di bawah ini (christady, 2006) :

$$K = 2,303 \times \frac{aL}{At} \times \log \frac{h_0}{h_1} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

a : Luas pipa pengukur (m²).
 L : Panjang benda uji (m).
 A : Luas potongan melintang benda uji (m²).
 h_1 : Tinggi air sebelum pembacaan (m).

h_2 : Tinggi air setelah pembacaan (m).



Gambar 2.31 Sketsa Pengujian *Falling-Head*



Gambar 2.32 Alat Pengujian *Falling-Head*

(Sumber: Laboratorium Tanah Fakultas Teknik Unissula)

2.8.5 Pengujian Lapangan

2.8.5.1 Pengambilan Sampel Tanah (*Soil Sampel*)

Keadaan tanah kohesif itu dipengaruhi oleh kadar air, suhu dan kadar pori, maka penelitian dan penyeledikan harus dikerjakan pada contoh tanah seperti dalam keadaan sebenarnya dengan mengambil tanah dalam keadaan asli. Pengambilan sampel dapat diambil dari : lubang pengujian, lubang pengujian dalam dan lubang bor. Menurut Soedibyo ada beberapa jenis pengujian material tanah di lapangan, yaitu :

1. Lubang Pengujian (*Test Pit*)

Lubang uji ini biasa dibuat dengan bentuk persegi panjang atau busur sangkar dengan ukuran 1,5 m x 3 m atau 1,5 m x 1,5 m dan kedalaman 5 m. Jika tanah terdapat air harus disediakan pompa secukupnya untuk memompanya. Atau jika tanah mudah mengalami longsor dapat diperkuat dengan papan atau blok kayu.

2. Lubang Pengujian Dalam (Sumur Pengujian Dalam atau *Test Shaft*)

Ukuran Lubang uji dalam dibuat sama dengan pembuatan lubang pengujian, akan tetapi kedalamannya lebih dari 5 m. Atau bisa juga dibentuk lingkaran agar lebih stabil.

2.8.5.2 N-Standard Penetration Test (N-SPT)

Pada pengujian SPT ini dapat memberikan informasi kedalaman lapisan tanah keras dan daya dukung tanah pada setiap kedalaman, karena alat uji SPT ini berasal dari Amerika Serikat. *Standart penetration test* dikerjakan juga untuk mengetahui nilai estimasi dari kerapatan relatif pada lapisan tanah yang di uji. Pada uji spt ini dibutuhkan alat bernama *standart split barrel spoon sampler* atau tabung belah standar yang nantinya bekerja dengan membuat lubang bor hingga kedalam uji SPT yang diinginkan. Saat alat ditancapkan ke tanah di bagian dasarnya dengan pukulan seberat sekitar 140 pound (63,5 kg) dan dijatuhkan pada ketinggian 30 inchi (76,2 cm). Setelah alat ini dimasukkan 6 inchi (15,24 cm) jumlah pukulan ini nantinya ditentukan untuk memasukkan ke

kedalaman 12 inchi (30,48 cm) berikutnya, jumlah pukulan ini merupakan nilai N (*n number or n value*) pada suatu pukulan per kaki (*blows per foot*). Jika pengeboran menunjukkan pemberhentian atau pengujian dihentikan jika ketika 50 pukulan ditambahkan ke 150 mm atau mencapai 100 pukulan, dan 10 pukulan bertubi-tubi tidak maju.

Saat percobaan *split spoon* selesai, alat dikeluarkan dari lubang bor dan dibuka untuk diambil contoh sampel tanah yang ada di dalamnya. Contoh ini dapat digunakan dalam klasifikasi tanah seperti batas *Atterberg* dan ukuran butiran tanah, tetapi tidak sesuai untuk pengujian lain karena jarak yang melintasi terlalu kecil dan tidak dianggap benar. Pada teori *terzaghi* dan *peck*, hubungan nilai (n) dan kerapatan relatif dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Hasil Pengujian Standar Penetrasi

	<i>Sand</i>		<i>Clay</i>	
<i>N</i> <i>Blows/Yt</i>	<i>Relative</i> <i>Density</i>	<i>N</i> <i>Blows/Yt</i>	<i>Uncinfin</i> <i>compres sive</i> <i>strenght tons/Yt</i>	<i>Consistency</i>
0-4	<i>Very loose</i> (sangat lepas)	2	0,25	<i>Very soft</i> (sangat lunak)
4-10	<i>Loose</i> (lepas)	2-4	0,25-0,50	<i>Soft</i> (lunak)
10-30	<i>Medium</i> (sedang)	4-8	0,5-1,00	<i>Medium</i> (sedang)
30-50	<i>Dense</i> (padat)	8-15	1,00-2,00	<i>Stiff</i> (kuat)
50	<i>Very dense</i> (sangat padat)	15-30	2,00-4,00	<i>Very stiff</i> (sangat kuat)
		30	4	<i>Hard</i> (keras)

2.8.5.3 Lugeon Test

Pada tahun 1993, Lugeon mempresentasikan uji permeabilitas yang berfungsi untuk menentukan nilai kerusakan batuan. Hasil dari lugeon (Lu) adalah angka yang menunjukkan jumlah liter air yang dapat

merembes dalam susunan batu sepanjang 1 meter selama 1 menit, dan menggunakan faktor tekanan standar 10 batang (10 kg/cm²), angka ini adalah praktis setara dengan koefisien aliran air 1×10^{-5} cm/detik. Harga dari lugeon juga memberikan informasi sebagai gambaran aliran di dalam batu dan gambaran dari batu terhadap aliran air yang melewatinya.

Teknik pengujiannya adalah dengan menempatkan air bertekanan ke dalam lubang bor, dengan alat *rubber paker* untuk menutup lubang bor. Untuk peralatan lain yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Waterflow meter* dipakai untuk memastikan debit air.
2. *Stop watch* dipakai untuk mencatat waktu rembesan.
3. *Pressure gauge* dipakai untuk memastikan tekanan air.
4. *Water pump* dipakai untuk menyedot air.

Untuk melakukan pengujian pada fsktor tekanan dibawah 10 kg/cm², dibuat persamaan :

$$Lu = \frac{10Q}{P.L} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana :

- Lu : Satuan Lugeon (1/menit/m).
 Q : Debit aliran masuk (1/menit).
 P : Tekanan total (kg/cm²).
 L : Panjang lubang uji (m).

2.8.6 Kajian Terdahulu yang Sejenis

Dalam Sub-bab ini menampilkan beberapa jurnal terdahulu yang memiliki beberapa persamaan dengan studi kami, sehingga akan dilakukan peninjauan dari beberapa jurnal dibawah ini dengan studi kami. Berikut beberapa jurnal yang akan ditinjau, diantaranya :

Nama Peneliti	Mahdi Ibrahim Tanjung Reza Nirwana Sari Ranisa Ghafara
Judul	<i>SCREENING ANALYSIS</i> STABILITAS LERENG BENDUNGAN URUGAN AKIBAT GEMPA DI INDONESIA
Parameter yang Diteliti	Yaitu menganalisa stabilitas bendungan terhadap beban gempa menggunakan <i>screening analysis</i> agar mengetahui bendungan – bendungan yang butuh analisis lebih detail dan yang tidak.
Metodologi	Menentukan Prosedur <i>Screening</i> > Menentukan Kriteria <i>Screening</i> > Evaluasi Hasil <i>Screening</i>
Hasil	• Hampir Semua bendungan yang ada di indonesia mempunyai $FS < 1$ dan hanya ada 5 bendungan dengan $FS > 1$. • Deformasi bendungan urugan tanah lebih rentan terhadap gempa dari pada bendungan urugan batu. • Bendungan tua harus diperiksa dengan kriteria gempa terbaru.

Nama Peneliti	Diah Affandi (Peneliti Puslitbang-SDA, Kementrian Pekerjaan Umum)
Judul	KRITERIA MATERIAL KONSTRUKSI UNTUK BENDUNGAN URUGAN (STUDI KASUS BENDUNGAN SINDANGHEULA)
Parameter yang Diteliti	Menentukan tipe bendungan dengan melihat ketersediaan material konstruksi yang berada di sekitar calon bendungan.
Metodologi	Pengumpulan data > Peninjauan Lapangan > Penyelidikan Geoteknik > Hasil dan Pembahasan
Hasil	• Material tanah dalam zona inti kedap air harus dilakukan perbaikan gradasi. • Material batu untuk zona transisi dan zona urugan batu

	mengambil dari quarry G. Cisalak. • Bentuk bendungan menggunakan bendungan urugan batu dengan inti kedap air tegak.
--	--

Nama Peneliti	I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa
Judul	ANALISIS REMBESAN DI BAWAH TUBUH BENDUNGAN URUGAN
Parameter yang Diteliti	Menghitung debit rembesan yang ada di bawah tubuh bendungan.
Metodologi	Identifikasi masalah > Pengumpulan Data > Perhitungan Rembesan dengan <i>GeoStudio</i> dan Metode <i>Flownet</i> > Hasil
Hasil	• Di dapatkan debit rembesan pada bendungan tanpa <i>cut-off</i> pada musim hujan dengan <i>SEEP/W</i> sebesar $3.162 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ dan dengan <i>cut-off</i> diperoleh debit $2.077 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil debit rembesan dibawah bendungan kurang dari debit yang diijinkan sebesar $4.9206 \text{ m}^3/\text{s}$, sehingga aman dari bahaya rembesan. • Di dapatkan debit rembesan pada bendungan tanpa <i>cut-off</i> pada musim hujan dengan <i>flownet</i> sebesar $3.15 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ dan dengan <i>cut-off</i> diperoleh debit $1.85 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil debit rembesan dibawah tubuh bendungan kurang dari debit yang diijinkan sebesar $4.9206 \text{ m}^3/\text{s}$, sehingga aman dari bahaya rembesan. • Perolehan hasil program <i>SEEP/W</i> dan <i>flownet</i> tidak jauh berbeda. • Pemasangan <i>cut-off</i> dapat mengurangi bahaya rembesan • Rembesan yang ada pada bawah Bendungan Benel aman karena lebih rendah dari debit rembesan ijin.

Nama Peneliti	Muhammad Taufiq Wahyu Kurniawan
Judul	ANALISIS STABILITAS LERENG DAN REMBESAN PADA BENDUNGAN LOGUNG DI KUDUS JAWA TENGAH MENGGUNAKAN PLAXIS 8.6 DAN GEOSTUDIO 2007
Parameter yang Diteliti	Pada penulisan Tugas Akhir ini adalah menganalisa stabilitas bendungan dan rembesan dengan menggunakan perbandingan program <i>Plaxis 8.6</i> dan <i>GeoStudio 2007</i> pada 3 kondisi yaitu : <i>steady state</i> , <i>after contruction</i> , dan <i>rapid draw down</i> . Serta pengujian material bendungan apakah sudah memenuhi persyaratan yang diijinkan.
Metodologi	Studi Literatur > Perumusan Masalah > Pengumpulan Data > Analisa Data > Pembahasan > Perhitungan Manual > Hasil > Kesimpulan
Hasil	• Material yang digunakan pada tubuh bendungan sudah memenuhi spesifikai dan persyaratan yang diijinkan. • Bendungan dinyatakan aman terhadap analisa garis freatik dan tidak aman terhadap bahaya rembesan dan peristiwa <i>boiling</i>. • Bendungan dinyatakan aman terhadap 3 kondisi stabilitas lereng yaitu : <i>steady state</i>, <i>after contruction</i> dan <i>rapid draw down</i>.

Nama Peneliti	Tjokorda Gde Suwarsa Putra I Nyoman Aribudiman Gede Rico Juliawan
Judul	ANALISIS STABILITAS LERENG PADA BENDUNGAN TITAB

Parameter yang Diteliti	Menganalisa kestabilan lereng pada Bendungan Titab dan pemanfaatan pemasangan <i>GeoTekstil</i> terhadap kestabilan lereng pada Bendungan Titab, serta pemanfaatan pemasangan <i>Geotekstil</i> terhadap arah dan aliran rembesan pada Bendungan Titab.
Metodologi	Pengumpulan Data > Pemilihan Metode Analisa > Perhitungan SF > Analisa Data Dengan Program GeoStudio 2007 > Perbaikan Perkuatan Lereng > Hasil > Kesimpulan
Hasil	▪ Hasil analisis stabilitas lereng bendungan Titab dengan pemasangan geotekstil : • Pada saat bendungan baru selesai dibangun (<i>immediately after completion</i>) Fellinius = 1,38 ; Bishop = 1,43 ; Wedge = 1,48 • Pada saat air waduk penuh (<i>reservoir full</i>) Fellinius = 1,27 ; Bishop = 1,31 ; Wedge = 1,38 • Pada saat air waduk mengalami penurunan secara tiba-tiba (<i>rapid draw down</i>) Fellinius = 1,32 ; Bishop = 1,38 ; Wedge = 1,41 ▪ Penggunaan <i>GeoTekstil</i> pada bagian lereng <i>upstream</i> Bendungan Titab dengan ukuran D15 dan D17 sebagai filter dan drainase berada pada kondisi stabilitas lereng yang aman.

Berdasarkan jurnal yang sudah kami tinjau di atas, ada beberapa perbedaan dengan studi kami diantaranya :

1. Kebanyakan jurnal analisa di atas masih menggunakan perhitungan manual dan menggunakan program *GeoStudio 2007*. Sedangkan studi kami sudah menggunakan program aplikasi untuk menganalisa perhitungannya dengan *Plaxis 8.6* dan menggunakan versi lebih terbaru *GeoStudio 2018 R2*.
2. Pada beberapa jurnal dan Tugas Akhir yang kami tinjau untuk pengumpulan data tanah masih melakukan pengujian sendiri di

laboratorium, sedangkan studi kami menggunakan data sekunder yang sudah kami dapatkan dari konsultan dan kontraktor proyek pembangunan Bendungan Randugunting.

3. Di beberapa jurnal hanya menganalisa persyaratan material, analisa debit rembesan dan stabilitas lereng secara terpisah atau sendiri-sendiri. Sedangkan kami mencakup semua pembahasan tersebut dengan menganalisa persyaratan persyaratan material, analisa debit rembesan dan stabilitas lereng secara bersamaan di satu laporan.
4. Salah satu jurnal menggunakan parameter beban gempa sebagai analisa stabilitas bendungan. Sedangkan kami tidak menggunakannya dan hanya menggunakan parameter dengan 3 kondisi (*steady state*, *after contruction* dan *rapid draw down*) untuk menganalisa stabilitas lereng dan rembesan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pembahasan Umum

Pada bab ini penulis akan membahas tentang metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Secara umum, penelitian dimulai dengan mengumpulkan data yang terdiri dari data sekunder. Untuk data sekunder penulis dapatkan antara lain dari BBWS Pemali-Juana, Kontraktor dan Konsultan proyek bendungan randugunting.

Selanjutnya dilakukan validasi dan interpretasi data guna menentukan pemilihan data dan keakuratannya, serta pemilihan material timbunan bendungan berdasarkan kriteria material yang telah ditentukan. Setelah semua tervalidasi, selanjutnya dibuat permodelan bendungan untuk menganalisa keamanan stabilitas lereng, keamanan stabilitas rembesan. Pemodelan menggunakan software Plaxis 8.6 dan Geostudio 2018 r2.

3.2. Persiapan Penelitian

3.2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di bendungan Randugunting Blora Jawa Tengah.

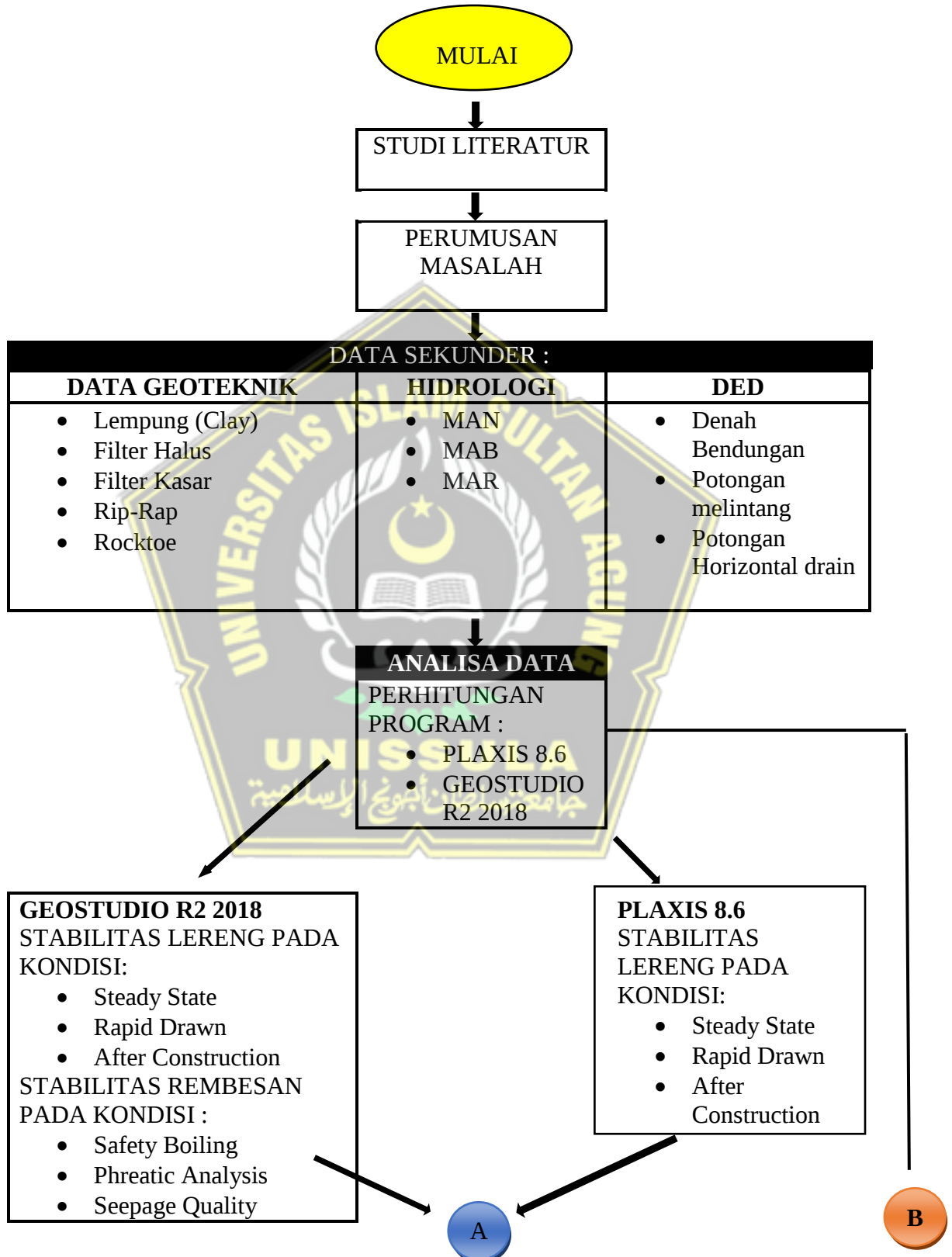


Gambar 3.1 Peta Lokasi Bendungan Randugunting

(Sumber: Google Maps, 2021)

3.3. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada gambar 3.2





Gambar 3.2 Alur Penelitian

3.3.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan cara penulis mengumpulkan data guna kepentingan penelitian. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan jenis sumber data sekunder. Data sekunder didapatkan dari pihak kontraktor, konsultan serta owner proyek bendungan yaitu BBWS Pemali-Juana.

3.3.2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang didapatkan secara tidak langsung yaitu menggunakan data yang telah didapat oleh pihak lain. Untuk mendapatkan data sekunder penulis melakukan pencarian kepada pihak-pihak terkait pengerjaan bendungan randugunting, berikut diantaranya:

1. Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana (BBWS Pemali-Juana)
2. Konsultan pengawas proyek PT. Virama Karya
3. Kontraktor pelaksana proyek PT. Wijaya Karya (PT. Wika)
4. Kontraktor pelaksana proyek PT. Andesmount (PT. AS)

Dibawah ini merupakan data sekunder yang telah kami dapatkan.

3.3.2.1. Data Geoteknik

Data geoteknik merupakan data yang didapatkan dari serangkaian hasil pengujian material tanah di lapangan maupun di laboratorium, baik pondasi maupun timbunan untuk mendapatkan parameter desain tanah guna keperluan desain.

a. Timbunan Inti Clay

Material untuk timbunan inti (Zone-I) berasal dari *borrow* area atau tempat lain yang ditunjuk Direksi dan harus merupakan material pilihan berupa *silty clay* atau *clayey silt*.

material untuk timbunan *Clay* adalah :

1. Ukuran butir maksimum 5 cm
2. prosentase berat butiran yang lolos saringan No. 200 (0,074 mm) antara sampai dengan 85% sesuai dengan USBR 1994
3. prosentase berat butiran yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm) kurang dari 10%
4. kadar air material selama dan sesudah pemadatan antara minus 1% di kadar air minimum sampai plus 3% diatas kadar air optimum atau menurut petunjuk Direksi
5. *Plasticity Index (PI)* antara 20% sampai 45%
6. Tidak mengandung akar-akar tanaman, tonggak-tonggak kayu, humus dan kotoran lainnya.
7. Sudut Geser dalam (ϕ) = minimum 15°
8. Kohesi (c) = 2 ton/m²
9. *Dry density* lapangan harus lebih atau sama dengan 95% *dry density* dari tes pemadatan Standar (*Standard Compaction*)
10. koefisien permeabilitas lebih dari 1×10^{-5} cm/detik setelah dipadatkan

b. Timbunan Filter Halus (Zona 2)

Material untuk timbunan filter halus adalah pasir dari hnsil (screening & washing) dari material di luar lokasi bendungan atau

tempat lain yang disetujui oleh Direksi. Material filter halus harus bersih dan berkohesi rendah, terdiri dari material pasir.

Spesifikasi material untuk timbunan filter halus adalah :

1. Ukuran butir maksimum 5 mm.
2. Prosentase berat butiran yang lolos saringan No. 200 (saringan 0,074 mm) kurang dari 5%.
3. Prosentase berat butiran yang lebih kecil dari 3mm harus lebih dari 50 % .
4. Kadar air material selama dan sesudah pemadatan menurut petunjuk Direksi.
5. Tidak mengandung akar-akar tanaman, tonggak-tonggak kayu, humus dan kotoran lainnya.
6. *Relative Density* minimal 70%
7. Sudut geser dalam (ϕ) = minimum 32°
8. Kohesi (c) = 0 t/m²
9. Koefisien permeabilitas lebih besar dari 1×10^{-3} cm/det.

c. Timbunan Tanah *Random* (Zona 3)

Material untuk timbunan *Random* dari hasil galian atau borrow area harus merupakan material pilihan berupa campuran endapan sungai atau tanah dan batu atau batuan lapuk yang bergradasi baik sesuai dengan spesifikasi teknik.

Spesifikasi material untuk timbunan *random* adalah :

1. Ukuran butir maksimum 30 cm
2. Prosentase berat butiran yang lolos saringan No. 200 (0,074 mm) kurang dari 40%.
3. Prosentase berat butiran yang tertahan saringan No. 4 (saringan 4.75 mm) antara 20% sampai dengan 80%
4. Kadar air material selama dan sesudah pemadatan antara minus 2% dibawah kadar air optimum sampai plus 3% diatas kadar air optimum atau menurut petunjuk Direksi.
5. Sudut geser dalam (ϕ) = minimum 34°

6. Kohesi = minimum $1,5 \text{ t/m}^2$
7. Koefisien permeabilitas lebih besardari $1 \times 10^{-4} \text{ cm/det.}$
8. Tidak mengandung akar-akar tanaman, tonggak-tonggak kayu, humus dan kotoran lainnya.

d. Timbunan Rip-Rap (Zone-4) Dan Rock toe (Zone-6)

Material untuk timbunan rip-*rap* berasal dari sumber material berupa *quarry* di sebuah bukit sejauh 8 km dari as bendungan Randugunting atau tempat lain yang ditunjuk Direksi dan harus merupakan material pilihan berupa batu baik, awet/tahan lama, dan keras.

Spesifikasi material untuk timbunan rip - rap adalah :

1. Ukuran diameter batu maximum untuk rip rap adalah 100 cm
2. Ukuran diameter batu median untuk rip rap adalah 75 cm
3. Kuat tekan minimal 600 kg/cm^2 .
4. Kehilangan berat dari LA. Abrassion test 100 putaran kurang dari 40%.
5. Kehilangan berat dari tes Soundness kurang dari 20%.

e. Timbunan Filter Kasar (Zone-5) Dan Horisontal Drain

Material untuk timbunan transisi dan horisontal drain adalah campuran pasir dan kerikil dari hasil pernrosesan (*screening & washing*) endapan sungai yang diperoleh dari daerah sekitar Randugunting atau tempat lain yang disetujui oleh Direksi. Material filter kasar harus bersih dan berkohesi rendah, terdiri dari material campuran pasir dan kerikil.

Spesifikasi material untuk timbunan transisi adalah :

1. Ukuran butir maksimum 50 mm.
2. Prosentase berat butiran yang lolos saringan No. 200 (saringan 0.074 mm) kurang dari 5%.
3. Prosentase berat butiran yang lebih kecil dari $9,52 \text{ mm}$ harus lebih dari 50 % .

4. Prosentase berat butiran yang lebih kecil dari 0,59 mm harus lebih dari 15 % tapi kurang dari 60%.
5. Kadar air material selama dan sesudah pemadatan menurut petunjuk Direksi.
6. Tidak mengandung akar-akar tanaman, tonggak-tonggak kayu, humus dan kotoran lainnya.
7. *Relative Density* minimal 70%
8. Sudut geser dalam (ϕ) = minimum 32°
9. Kohesi (c) = 0 t/m^2 .
10. Koefisien permeabilitas lebih besar dari $1 \times 10^{-2} \text{ cm/dt}$.

3.3.2.2. Data Geologi

Data Geologi adalah data yang memuat informasi jenis dan kualitas kekuatan batuan pondasi pada lokasi proyek bendungan randugunting. Diantara data geologi yang didapat adalah :

1. Profil geologi bendungan randugunting, berisi pemetaan bendungan berdasarkan jenis klasifikasi batuan.
2. Profil geologi as bendungan, berisi jenis dan klasifikasi batuan pondasi sepanjang as bendungan
3. Data core drilling

Data tersebut sebagai acuan penginterpretasian kekuatan pondasi pada bendungan randugunting, serta sebagai control terhadap pengujian yang dilakukan. Dimana jika hasil pengujian tidak sesuai maka terdapat kesalahan dalam pengujian tersebut. Adapun data geologi hanya memberikan data kekuatan secara kualitatif sehingga perlu dilakukan pengujian geoteknik guna mendapatkan data kuantitatif sebagai *input* desain bendungan.

3.3.2.3. Data Hidrologi

Data hidrologi merupakan data yang berhubungan dengan kapasitas air tampungan bendungan dan kebutuhan air masyarakat, beberapa data hidrologi yang kami perlukan adalah:

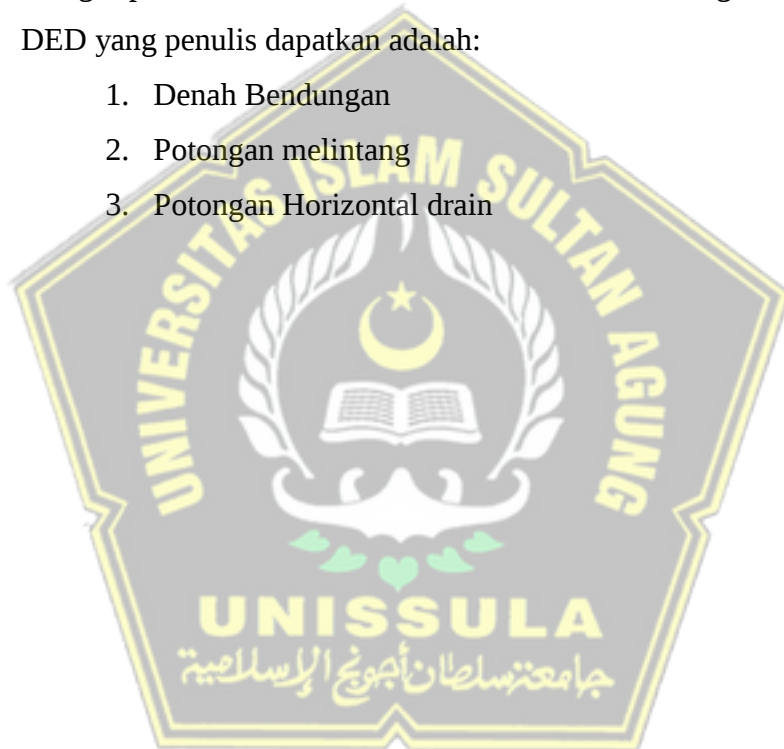
1. Muka Air Normal (MAN)
2. Muka Air Banjir (MAB)
3. Muka Air Rendah (MAR)

Data hidrologi diatas digunakan untuk menghitung tekanan hidrostatik pada perencanaan stabilitas dan rembesan bendungan.

3.3.2.4. Data Detail Engineering Desain (DED)

Data DED merupakan data yang berisikan gambar-gambar rencana sebagai panduan dalam mendimensi struktur bendungan. Diantara Data DED yang penulis dapatkan adalah:

1. Denah Bendungan
2. Potongan melintang
3. Potongan Horizontal drain



3.3.2.5. Data Teknik Bendungan Randugunting

Sungai	Sungai Banyuasin (anak Bendungan Randugunting)	
Hidrologi	Curah Hujan Rerata Tahunan : 1099 mm Curah Hujan Desain : 1408,62 mm Debit Desain Pengelak : 81,42 mm	
Waduk	Luas Genangan (el MAB) : 187,19 Ha Luas Genangan (el MAN) : 155,10 Ha Tampungan Bruto (MAB) : 14.420.000 m ³ Tampungan Normal : 10.400.000 m ³ Tampungan Efektif : 8.610.000 m ³ Tampungan Mati : 1.790.000 m ³ Elevasi Muka Air Normal (MAN) : +94.27 Elevasi Muka Air Banjir (MAB) : +96.50	
Bendungan	Tipe : Inti Tegak Tinggi Bendungan : 31 m Panjang Bendungan : 363,35 m Elevasi Puncak Bendungan : 99.00 m dpl Elevasi Pondasi Terdalam : 68.00 m dpl Lebar Puncak Bendungan : 10 m Kemiringan Lereng Hulu : 1 : 2.75 Kemiringan Lereng Hilir : 1 : 2.25	
Bangunan Pengelak	Tipe : Konduit, 2 buah x 2m x 3m Material : Beton Bertulang Elevasi Cofferdam : +80.00 Elevasi Inlet : +73.00	

	Elevasi Outlet : +70.00 Panjang : 320 m Debit Q ₂₅ : 81,42 m ³ /dt
Bangunan Pelimpah	Tipe Pelimpah : Side <i>Spillway</i> Tipe Puncak Pelimpah : ogee Elevasi Puncak Pelimpah : +94.27 Lebar Pelimpah : 20 m Debit QPMF In : 381.39 m ³ /dt Debit QPMF Out : 144.88 m ³ /dt Debit Q1000 In : 313.73 m ³ /dt Debit Q1000 Out : 109.76 m ³ /dt
Pengeluaran (Outlet) Air Baku	Tipe : Katup Kupu-Kupu Jumlah Katup : 1.00 set Dimensi / Diameter : 600 mm Debit Rencana : 150 liter/detik Elevasi Sumbu : El. 70.70 m Operasi : Listrik dan Manual
Manfaat	Penyedia Air Baku : 150,00 liter/detik Retensi Banjir Q ₂₅ : 75% Irigasi di Kedungsapen : 630 Ha
Bangunan Pengeluaran (Outlet)	Bangunan Rumah Pintu Irigasi : Diatas tanah Dimensi : 16,40m x 5,23m Elevasi Dasar : El. 69.74 Tipe Katup Outlet : Katup Kupu-Kupu Tipe Katup Kontrol : Katup Pancar Rongga
Fasilitas Hidromekanikal Saringan	Tipe Saringan : Kisi-kisi baja, tegak removable Jumlah : 1 set Jumlah/set : 8 buah/panel Dimensi Panel : 4 x 1,85m (T) x 1,85m (L) (TOP) Dimensi Panel : 8 x 1,12m (T) x 2,35m (L)

	(SIDE)
Elevasi Dasar	: El. 86,70 m
Elevasi Atas	: El. 89,20 m
Jarak Jeruji (c to c)	: 40,00 mm
Korosi Ijin	: 0,2 m

3.4. Analisa Keamanan Bendungan

Analisa keamanan bendungan dilakukan dengan memperhitungkan berbagai factor seperti:

3.4.1. Stabilitas Lereng Terhadap Beban Normal

Analisa kestabilan lereng penulis menggunakan metode limit equilibrium yang ditinjau menggunakan 3 variabel yaitu:

1. Akhir konstruksi bendungan(end construction)
2. Penurunan air tampungan bendungan secara cepat (rapid drawdown)
3. Muka air langgeng bendungan (steady state)

Untuk menganalisa berbagai variabel diatas penulis menggunakan software Plaxis 8.6 dan Geostudio R2 2018 sebagai alat bantu pemodelan, keluaran dari pemodelan tersebut merupakan angka aman yang nantinya akan dikomparasikan dengan angka keamanan yang berlaku untuk standard bendungan.

3.4.2. Keamanan Rembesan

Analisa Keamanan rembesan bendungan penulis menggunakan 3 variabel yaitu:

1. Debit Rembesan (seepage Quantity)
2. Kurva garis phreatic (phreatic line curve)
3. Boiling Safety

Untuk menganalisa berbagai variabel diatas penulis menggunakan Geostudio R2 2018 sebagai alat bantu pemodelan.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan Umum

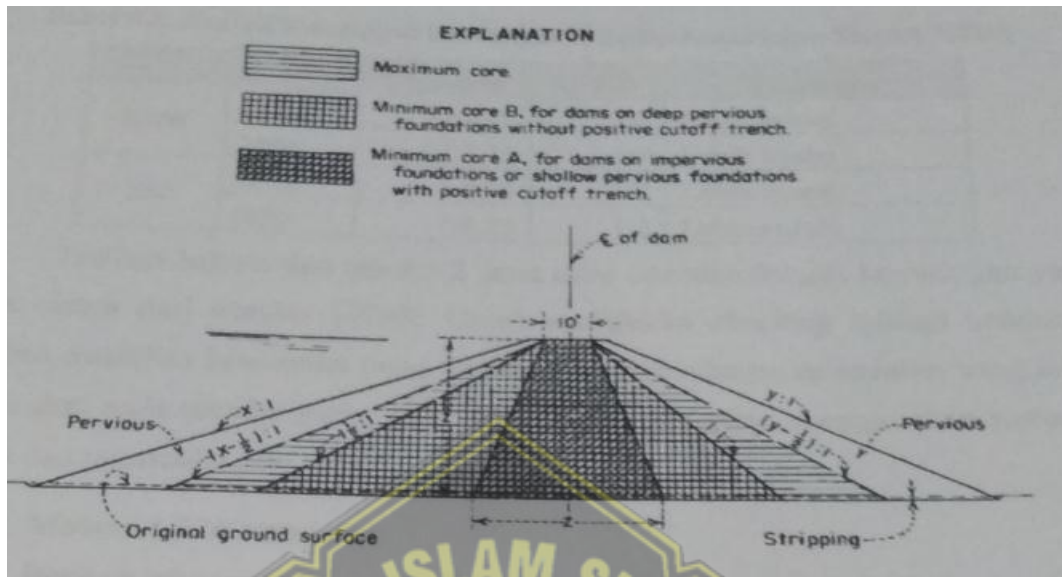
Pada bab ini akan disajikan pembahasan kriteria dan persyaratan dalam perencanaan bendungan tipe urugan baik dari timbunan maupun pondasinya. Dalam melakukan Analisa penulis menggunakan berbagai macam literatur seperti *united state bureau reclamation* (USBR), perhitungan stabilitas lereng (RSNI-M-03-2003), perhitungan stabilitas gempa (PD-T-14-2004-A) dan berbagai literatur yang terkait lainnya.

Selanjutnya pada bab ini penulis juga akan membahas tentang permodelan bendungan dengan *software Plaxis v8.6* dan *Geostudio 2018 R2*. Permodelan yang dibuat berdasarkan pada parameter-parameter statis dan mekanis dari data-data dari pihak yang berwenang dalam proyek bendungan randugunting (data sekunder) dan studi literatur.

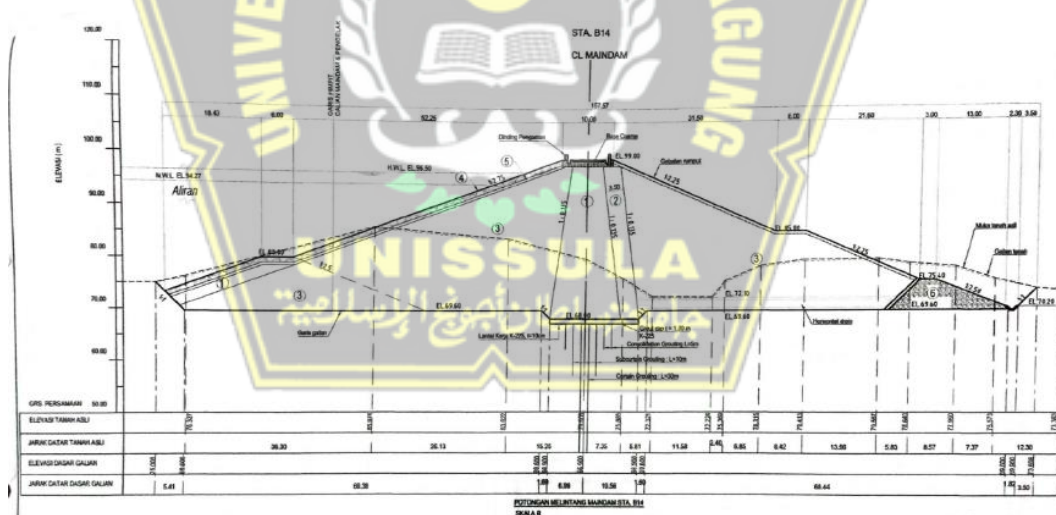
Dalam pembuatan permodelan bendungan tipe urugan, bendungan ditinjau factor keamanan terhadap stabilitas lereng dan rembesan pada badan bendungan. Dan Adapun beberapa kondisi muka air saat dilakukan permodelan yaitu : 1. *Steady state* (muka air operasi) 2. *Rapid Drawdown* (muka air surut tiba-tiba) 3. *After construction* (muka air kosong). Untuk meninjau keamanan permodelan bendungan tipe urugan ini penulis melakukan komparasi hasil run out permodelan dengan peraturan-peraturan standar keamanan bendungan.

4.2 Persyaratan Bendungan

4.2.1 Kemiringan Bendungan



Gambar 4.1 Tipikal Ukuran Zona Inti Kedap Air pada Timbunan Bendungan



Gambar 4.2 Tipikal Potongan Melintang Bendungan Randugunting

Dengan membandingkan Gambar 4.1. dengan Gambar 4.2. maka didapat perbandingan lebar *core* ($z = 14.33$ m) dengan tinggi air puncak ($H = 99$ m) adalah $0,46 (<1)$ maka dapat dikatakan bahwa bendungan randugunting memiliki

tipe *core minimum*. Sehingga berdasarkan kemiringan standar hilir dan hulu tersebut 1:2.

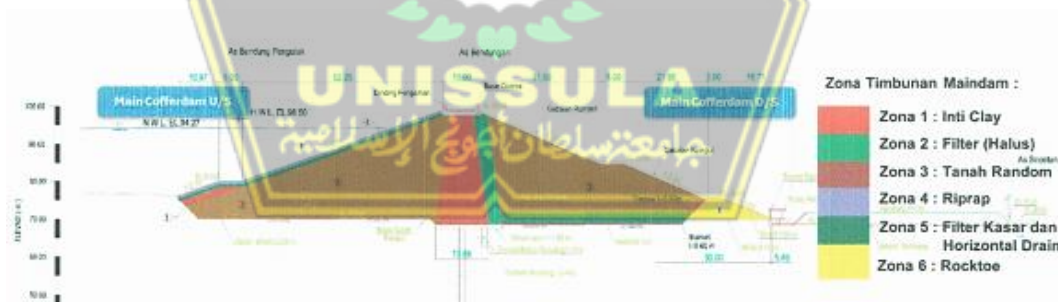
Tabel 4.1 Analisa Kemiringan Bendungan Terhadap Kemiringan Standar USBR

Zona		Dipasang	USBR	Kesimpulan
Luar	Hulu	1:2,75	1:2	Lebih landai
	Hilir	1:2,25	1:2	Lebih landai
Inti	Hulu	1:0.225	1:2	Lebih curam
	Hilir	1:0.24	1:2	Lebih curam

Dari table diatas zona inti desain bendungan memiliki kemmiringan yang lebih curam dari standard USBR. Untuk melakukan cheking keamanan bendungan tersebut penulis menggunakan pemodelan dengan aplikasi *Plaxis v8.6* dan *Geostudio 2018 R2* 2018 R2

4.2.2 Material Timbunan

Dibawah ini merupakan pembagian/zonal material dari timbunan Bendungan Randugunting.



Gambar 4.3 Pembagian Zonal Material Timbunan Bendungan Randugunting

4.3 Permodelan Materi

4.3.1 Model Material

Perhitungan permodelan tanah menggunakan *mohr-coulomb*. Karena permodelan *mohr-coloumb* merupakan salah satu model yang sering digunakan. Model ini digunakan karena direkomendasikan untuk digunakan pada analisa awal dari suatu masalah karena pada satu lapis tanah permodelan ini menggunakan perkiraan kekakuan rata-rata dari tanah.

Konsep rumus *mohr-coulomb* yaitu kekakuan geser tanah berhubungan erat dengan kohesi tanah dan friksi antar partikel yang dapat dilihat pada rumus berikut

$$T = c + \sigma_n \tan \phi$$

Dimana :

τ : kekakuan geser (kPa),

c : kohesi tanah (kPa),

σ_n : tegangan normal tegak lurus bidang keberuntungan (kPa),

ϕ : sudut geser antar partikel (derajat).

4.3.2 Tipe Perilaku Material

Terdapat 2 jenis perilaku material yang digunakan dalam permodelan yaitu:

a) Drainase

Perilaku *drained* merupakan perilaku dimana material tanah teralirkan air porinya sehingga tegangan yang bekerja pada material tanah tersebut merupakan tegangan efektif, atau tegangan yang berasal dari material itu sendiri tanpa ada tambahan tegangan dari tegangan air pori. Parameter yang terbaca pada material ini adalah parameter efektif (c' , ϕ'). Material jenis ini cenderung memiliki permeabilitas yang tinggi contohnya pasir dan kerikil, kedua material tersebut tergolong kedalam material *free draining* atau *drained*.

b) Undrained

Perilaku *undrained* merupakan perilaku dimana material tanah tak teralirkan air porinya sehingga tegangan yang bekerja pada material tanah tersebut merupakan tegangan total, atau tegangan yang berasal dari material itu sendiri dan ada tambahan tegangan dari tegangan air pori. Parameter yang terbaca pada material ini adalah parameter total (c_u , ϕ_u). Material jenis ini cenderung memiliki permeabilitas yang rendah contohnya lanau dan lempung, kedua material tersebut tergolong kedalam material *non-free draining* atau *undrained*, Tabel 4.2. menampilkan pemilihan perilaku material pada perhitungan stabilitas lereng pada tiga kondisi.

Tabel 4.2 Analisa Perlakuan Material

Analysis procedure of material	Condition		
	End of Construction	Rapid Draw- down and Stage Construction	Normal Operating (steady seepage)
Analysis prosedure and shear strength for free draining zones – filters, rockfill, sand/gravel in foundation	Effective stress analysis using c' , ϕ'	Effective stress analysis using c' , ϕ'	Effective stress analysis using c' , ϕ'
Analysis prosedure and shear strength for low permeability zones	Total stress analysis using S_u and $\phi_u(1)$ or effective stress analysis modelling partially saturated	Total stress analysis using S_u and $\phi_u(1)$ for the dam prior to drawdown or construction of the second state	Effective stress analysis using c' , ϕ' , unless soils are contractive(2) in which case use S_u measured in the dam

	conditions		
Internal pore pressures	No internal pore pressure (u) for total stress analysis; set u equal to zero in these zones. Pore pressures determined from laboratory tests for effective stress analysis	No internal pore pressures (u) for total stress analysis; set u equal to zero in these zones. Pore pressures from seepage analysis for effective stress analysis	Pore pressures from seepage analysis and/or from piezometer readings for effective stress analysis
Reservoir water	Include (usually as a zone with $c' = 0$, $\phi' = 0$, $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$)	Include (usually as a zone with $c' = 0$, $\phi' = 0$, $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$)	Include (usually as a zone with $c' = 0$, $\phi' = 0$, $\gamma = 9,8 \text{ kN/m}^3$)
Unit weights (3)	Total	Total	Total

Dari table diatas penulis mendapat kesimpulan yaitu:

- 1) Untuk material *drained* atau material yang memiliki koefisien permeabilitas tinggi(*free drained*), yaitu batu, pasir, kerikil menggunakan tegangan efektif(c' , ϕ') pada ketiga kondisi perhitungan.
- 2) Pada kondisi *after construction* dan *rapid draw down*, untuk material *free draining* (material dengan koefisien permeabilitas tinggi), yaitu *silt* dan *clay*, digunakan *total parameter* (ϕ' , c'). Namun untuk kondisi *steady state*, tetap digunakan *effektif parameter* (ϕ' , c').
- 3) Pada semua kondisi berat jenis yang digunakan adalah berat jenis total

Tabel 4.3 Rangkuman Pemilihan Tipe Prilaku Material dalam Permodelan

Jenis Material	Steady State		After Construction		Rapid Drawdown	
	<i>Drained/ undrained</i>	Total/ efektif	<i>Drained/ undrained</i>	Total/ efektif	<i>Drained/ undrained</i>	Total/ efektif
Clay	D	E	U	T	U	T

Filter kasar	D	E	D	E	D	E
Filter halus	D	E	D	T	D	T
Random	D	E	D	E	D	E
Riprap	D	E	D	E	D	E
Rocktoe	D	E	D	E	D	E

4.3.2.1 Jenis Material Permodelan

Dibawah ini merupakan material yang digunakan dalam permodelan pada *Plaxis v8.6* dan *Geostudio 2008 R2*:

Tabel 4.4 Parameter Mekaniis Clay (Pengisi Zona Inti)

Parameter	Nama	Keterangan	Unit	Sumber
Model material	model	Mohr-coloumb	-	Studi literatur
Tipe perilaku	tipe	<i>Undrained-end construction</i> <i>Drained-steady state</i> <i>Undrained-Rapid Drawdown</i>		
Soil unit weight	γ unsat	18,73	kN/m ³	
	γ sat	19,32	kN/m ³	
Vertical perm	K_y	7.782E-06	cm/s	Constant head
Horizontal perm	K_x	7.782E-06	cm/s	Constant head
Young modulus	E	300000	kN/m ²	Table of geotechnic (B.Look.2005)
Poisson ratio	ν	0,35		
Cohesion (total;efektif)	C	0,226;0,208	kN/m ²	
Friction angle (total;efektif)	Φ	17 49' ; 20 124'	degree	

Tabel 4.5 Parameter Mekanis *Random* (Pengisi Zona 3)

Parameter	Nama	Keterangan	Unit	Sumber
Model material	Model	Mohr-coloumb	-	Studi literatur
Tipe perilaku	Tipe	<i>Drained</i>		
Soil unit weight	Γ unsat	16,89	kN/m ³	Water Replacement
	Γ sat	18,88	kN/m ³	Water Replacement
Vertical perm	K_y	5.457e-04	Cm/s	Falling Head
Horizontal perm	K_x	5.457e-04	Cm/s	Falling Head
Young modulus	E	40000	kN/m ²	Table of geotechnic (b.look.2005)
Poisson ratio	V	0,3		
Cohesion (total;efektif)	C	18	kN/m ²	
Friction angle (total;efektif)	Φ	34	Degree	

Tabel 4.6. Parameter Mekanis *Filter Halus* (Pengisi Zona 2)

Parameter	Nama	Keterangan	Unit	Sumber
Model material	Model	Mohr-coloumb	-	Studi literatur
Tipe perilaku	Tipe	<i>Undrained-end construction</i> <i>Drained-steady state</i> <i>Uundrained-Rapid Drawdown</i>		
Soil unit weight	Γ unsat	19,23	kN/m ³	
	Γ sat	20,85	kN/m ³	

Vertical perm	K_y	3,589e-03	cm/s	Falling Head
Horizontal perm	K_x	3,589e-03	cm/s	Falling Head
Young modulus	E	80000	kN/m ²	Table of geotechnic (b.look.2005)
Poisson ratio	V	0,3		
Cohesion (total;efektif)	C	0	kN/m ²	
Friction angle (total;efektif)	Φ	40	Degree	

Tabel 4.7 Parameter Mekanis Filter Kasar dan Horizontal Drain (Pengisi Zona 5)

Parameter	Nama	Keterangan	Unit	Sumber
Model material	Model	Mohr-coloumb	-	Studi literatur
Tipe perilaku	Tipe	<i>Drained</i>		
Soil unit weight	Γ_{unsat}	18,07	kN/m ³	Water Replacement
	Γ_{sat}	20,05	kN/m ³	Water Replacement
Vertical perm	K_y	4,960e-01	m/s	Falling Head
Horizontal perm	K_x	4,960e-01	m/s	Falling Head
Young modulus	E	100000	kN/m ²	Table of geotechnic (b.look.2005)
Poisson ratio	V	0,3		
Cohesion (total;efektif)	C	0	kN/m ²	
Friction angle (total;efektif)	Φ	40	Degree	

Tabel 4.8. Parameter Mekanis Riprap dan Rocktoe (Pengisi Zona 4 dan 6)

Parameter	Nama	Keterangan	Unit	Sumber
Model material	Model	Mohr-coloumb	-	Studi literatur
Tipe perilaku	Tipe	<i>Drained</i>		
Soil unit weight	Γ unsat	18,76	kN/m ³	Water Replacement
	Γ sat	21,40	kN/m ³	Water Replacement
Vertical perm	K_y	7,71e-01	cm/s	Falling Head
Horizontal perm	K_x	7,71e-01	cm/s	Falling Head
Young modulus	E	25000	kN/m ²	Table of geotechnic (b.look.2005)
Poisson ratio	V	0,3		
Cohesion (total;efektif)	C	0	kN/m ²	
Friction angle (total;efektif)	Φ	40 22'	Degree	

4.4 Alur Perhitungan

4.4.1 Stabilitas Lereng Akibat Beban Normal

Stabilitas beban normal dihitung pada tiga kondisi :

a) *Steady State*

Kondisi muka air berada pada muka air normal (MAN) yang berlangsung pada kondisi lama. Penggambaran garis freatik dimulai dari titik elevasi muka air normal (MAN) lalu menembus melewati zona pervious lalu turun pada zona kedap air. Kemudian garis freatik keluar dari tubuh bendungan melalui horizontal drain. Garis freatik dapat dilihat pada gambar permodelan.

Untuk parameter kekuatan menggunakan parameter efektif, baik material *drained* maupun *undrained*. Karena dianggap elevasi muka air berlangsung lama sehingga material telah mengalami disipasi atau pengeluaran air pori.

b) After Construction

Kondisi muka air berada pada level nol (muka air kosong) akibat dari waduk belum terisi air sama sekali. Untuk penggambaran garis freatiknya dimulai dari elevasi dasar bendungan menembus zona pervious dan kedap air. Lalu kemudian garis freatik keluar dari badan bendungan melalui horizontal drain. Garis freatik dapat dilihat pada gambar permodelan.

Untuk parameter kekuatan menggunakan parameter efektif untuk jenis material *drained* dan parameter total untuk jenis material *undrained*. disebabkan karena setelah konstruksi selesai air yang terkandung pada material *undrained* yang berasal dari pemadatan dan hujan dianggap belum mengalami disipasi atau pengeluaran air pori.

c) Rapid Drawdown

Kondisi muka air berada pada level maksimum (MAM) lalu mengalami surut secara cepat hingga elevasi mencapai elevasi tampungan mati (*dead storage*). Untuk penggambaran garis freatik bergantung pada aplikasi atau *software* yang dipakai, seperti:

1. Plaxis v8.6

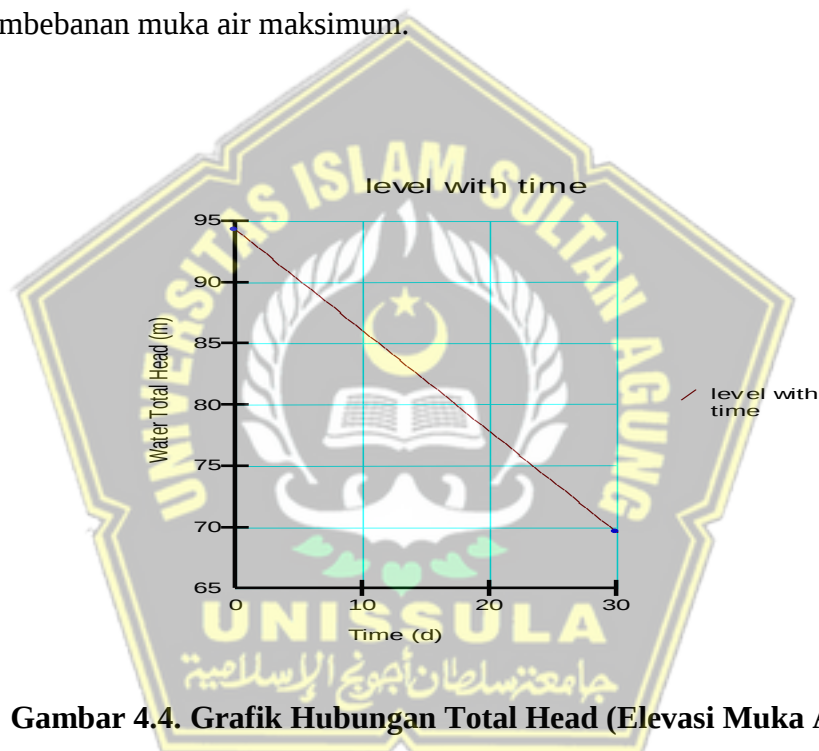
Penggambaran garis freatik di *Plaxis v8.6*, aliran rembesan dianggap steady atau tidak mengalami perubahan elevasi muka air dalam jangka waktu tertentu. Garis freatik digambar dari titik elevasi muka *dead storage* lalu menembus secara datar melalui zona pervious lalu naik sampai elevasi muka air maksimum pada zona inti clay, setelah itu garis freatik keluar dari tubuh bendungan melalui horizontal drain. Garis freatik dapat dilihat pada gambar permodelan.

2. Geostudio 2018 R2

Penggambaran garis freatik pada *Geostudio 2018 R2* (*seep/W*), aliran dianggap transient mengalami perubahan elevasi muka air dalam

jangka waktu tertentu. Elevasi muka air diasumsikan dari elevasi maksimum dan turun hingga mencapai elevasi tampungan mati (*dead storage*) dalam interval waktu 30 hari. Grafik hubungan waktu dan elevasi air dapat dilihat pada gambar berikut.

Untuk parameter kekuatan pada stabilitas lereng kondisi *rapid draw down* menggunakan parameter efektif untuk jenis material *drained* dan total untuk jenis material *undrained*. Disebabkan Ketika pada waktu kondisi tersebut, air belum mampu untuk terdisipasikan dengan baik sehingga masih terdapat tekanan air pori didalam material berjenis *undrained* akibat pembebanan muka air maksimum.

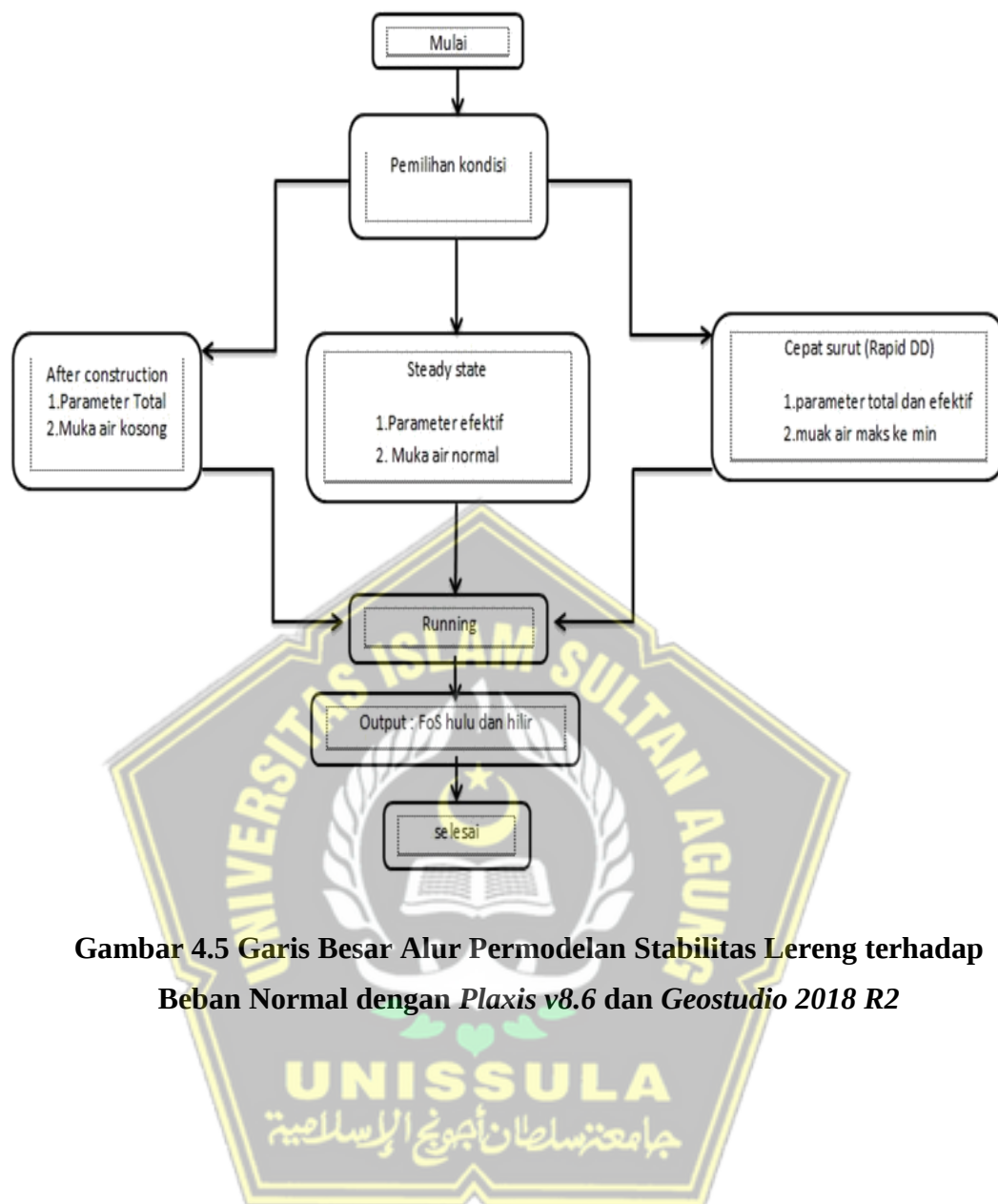


Gambar 4.4. Grafik Hubungan Total Head (Elevasi Muka Air) dan Waktu Selama 30 Hari

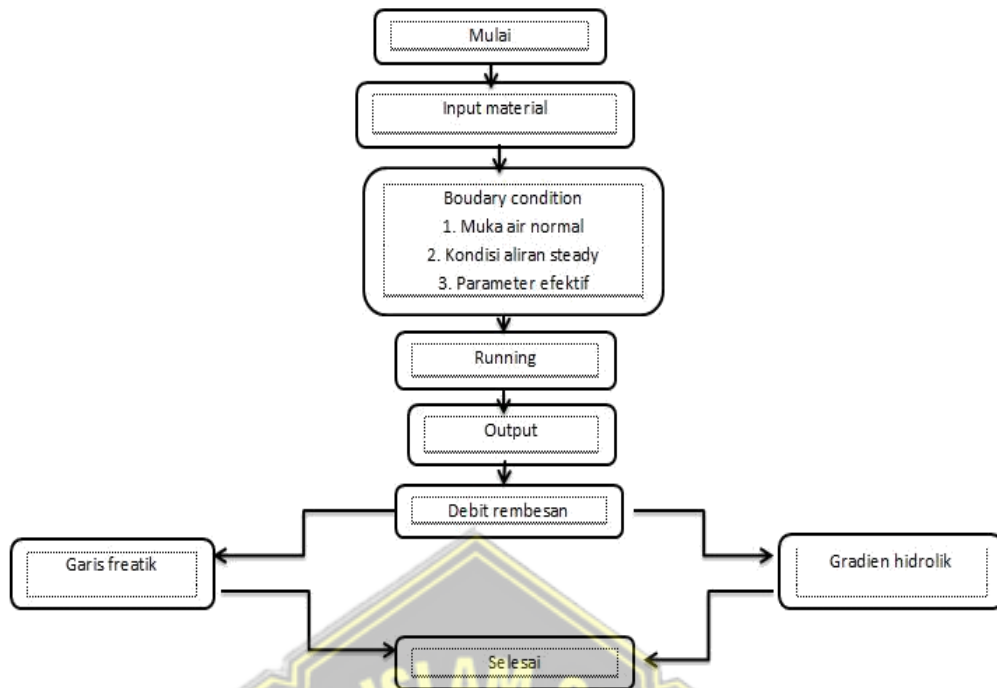
4.4.2 Rembesan

Untuk Analisa rembesan kondisi pembebanan air yang digunakan yaitu kondisi muka air normal (MAN). Untuk output yang didapatkan dari Analisa ini adalah:

1. debit rembesan dihilir
2. lengkung garis freatik
3. gradien hidrolik



Gambar 4.5 Garis Besar Alur Permodelan Stabilitas Lereng terhadap Beban Normal dengan *Plaxis v8.6* dan *Geostudio 2018 R2*



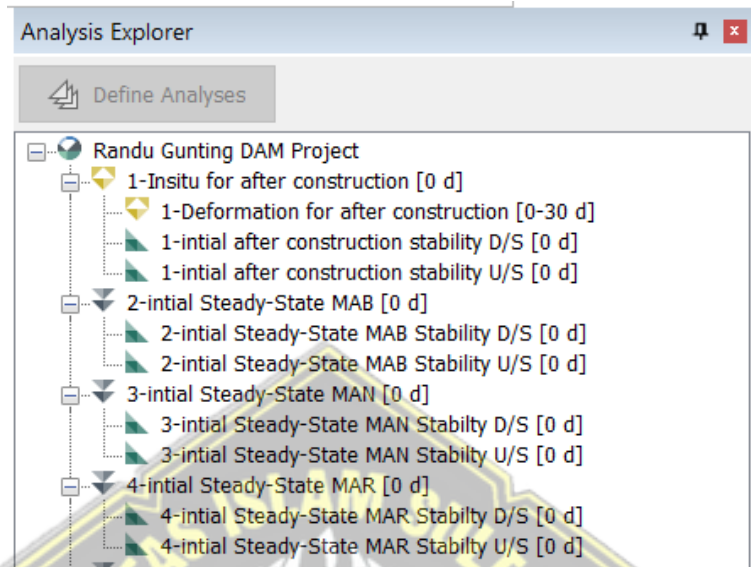
Gambar 4.6 Garis Besar Alur Permodelan Rembesan dengan *Plaxis v8.6* Dan *Geostudio 2018 R2*

4.5 Output Permodelan

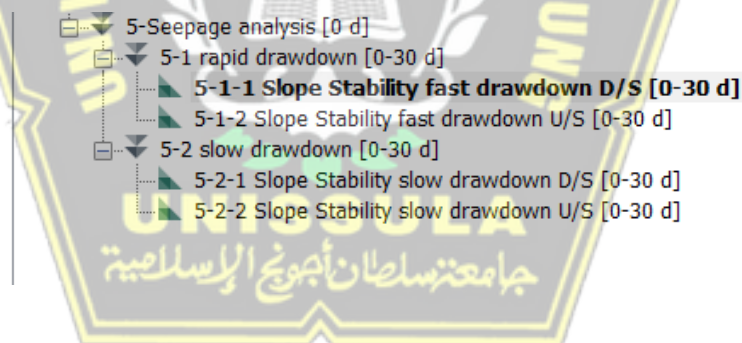
Dalam melakukan pemodelan harus ditentukan terlebih dahulu alur atas urutan analisis. Hal ini sangat penting agar pemodelan akurat dengan yang ada pada kondisi real dilapangan, untuk aplikasi/software *Plaxis v8.6* maupun *Geostudio 2018 R2* memiliki system integrasi antara analisis yang berbeda.

Geostudio 2018 R2 memiliki sub program berbeda untuk setiap Analisa permasalahan. Adapun contoh beberapa sub program yang digunakan penulis dalam pemodelan, diantaranya yaitu:

1. *Seeps/W* digunakan untuk pemodelan kasus-kasus yang berhubungan dengan *seepage* (rembesan)
2. *Sigma/W* digunakan untuk pemodelan kasus-kasus yang berhubungan dengan tegangan tanah. *Sigma/W* digunakan untuk menganalisa tegangan awal (*insitu*) ketika akan dilakukan analisa stabilitas tanah
3. *Slope/W* digunakan untuk pemodelan kasus-kasus yang berhubungan dengan stabilitas lereng (*slope*)



Gambar 4.7 Urutan Analisa *Geostudio* untuk Permodelan Stabilitas Lereng Kondisi *Steady State* Dan *After Construction*



Gambar 4.8 Urutan Analisa *Geostudio* Untuk Permodelan Rembesan dan Stabilitas Lereng Kondisi *Rapid Draw Down*

Untuk permodelan menggunakan *Geostudio 2018 R2* memiliki alur atau urutan seperti gambar diatas. Dapat dilihat bahwa untuk menghitung stabilitas lereng dimulai dengan memberikan tegangan awal pada masing-masing kondisi. Tetapi untuk menghitung stabilitas lereng dengan Analisa induk (parent analysis) seep/W, tidak diberi tegangan awal. Hal ini merujuk pada petunjuk penggunaan dari *Geostudio 2018 R2*.

Berbeda dibandingkan dengan *Geostudio 2018 R2*, pada aplikasi *Plaxis v8.6*, sub program dibuat seperti dibawah ini:

1. *Input*, pada bagian *input* digunakan untuk memasukan *geometri, material, bondary condition dll* dari bendungan
2. *Calculation*, pada bagian *calculation* digunakan untuk setting jenis dan urutan perhitungan pada *Plaxis v8.6* bagian ini sama dengan menu *keyIn* di *Geostudio 2018 R2*
3. *Ouput*, pada bagian *Ouput* digunakan untuk melihat hasil analisis yang sudah dimasukan dalam *input* dan *calculation*
4. *Curve*, pada bagian *Curve* digunakan untuk melihat *output* dalam bentuk grafik



Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0.00 hari
✓ Pondasi	1	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.00 hari
✓ SF Pondasi	18	1	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 hari
✓ Konsolidasi Pondasi	2	1	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.00 hari
✓ SF Konsolidasi Po...	4	2	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 hari
✓ Bendungan	19	1	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.00 hari
✓ SF Bendungan	20	19	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 hari
✓ Bendungan	5	2	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	30.00 hari
✓ Konsolidasi Bend...	6	5	Analisa konsolidasi	Tahapan konstruksi	30.00 hari
✓ SF Bendungan	8	6	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 hari
✓ MAB 1	23	19	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	10.00 hari
✓ SF MAB 1	24	23	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 hari
✓ MAB 2	21	19	Analisa plastis	Faktor pengali total	30.00 hari
✓ SF MAB 2	22	21	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0.00 hari
✓ MAB 3	25	20	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	5.00 hari

Gambar 4.9 Urutan Analisa *Plaxis* untuk Permodelan Stabilitas Lereng

Urutan analisis dapat dilihat pada gambar diatas. Urutan analisis hampir sama dengan *Geostudio 2018 R2*, analisis diawali dengan memberi tegangan awal(initial stress) lalu kemudian lanjut dengan menghitung safety factor (SF) pemodelan. Khusus untuk aplikasi *Plaxis v8.6* nilai SF hanya didapatkan pada sisi lereng terkritis yaitu SF terkecil sehingga SF hanya didapat antara hulu atau hilir.

Dibawah ini adalah hasil permodelan dari *Plaxis v8.6* dan *Geostudio 2018 R2* :

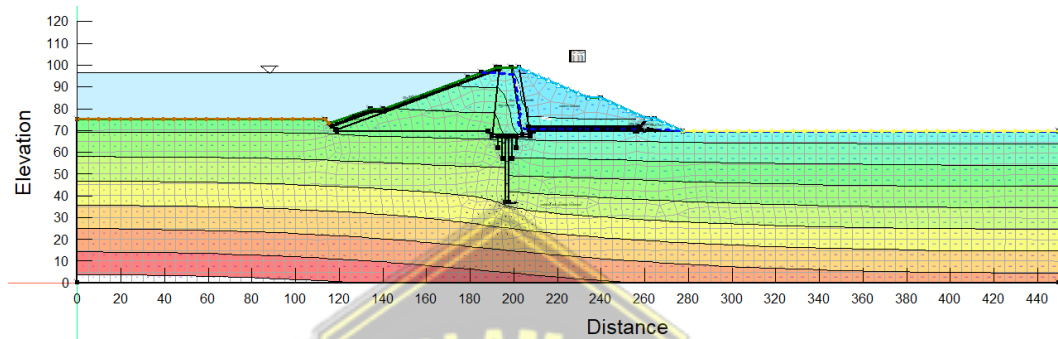
4.5.1 Stabilitas Terhadap Beban Normal

a) *Geostudio 2018 R2*

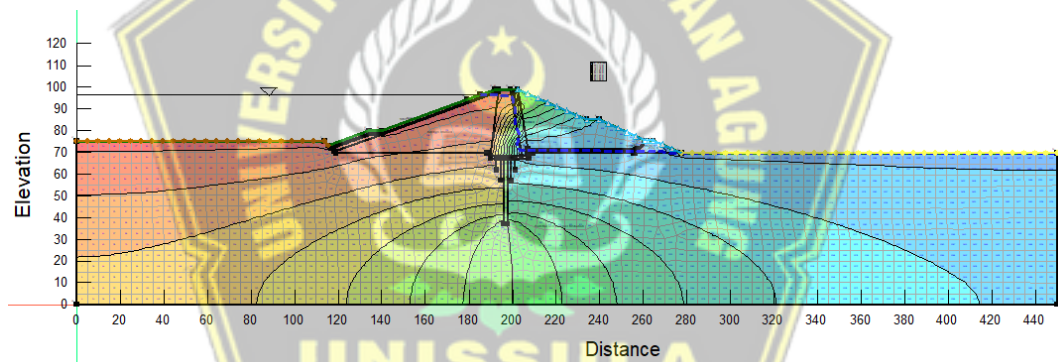
1. Steady state condition

Pada kondisi ini, muka air pada bendungan berada pada level normal (MAN) yang berlangsung pada kondisi lama.

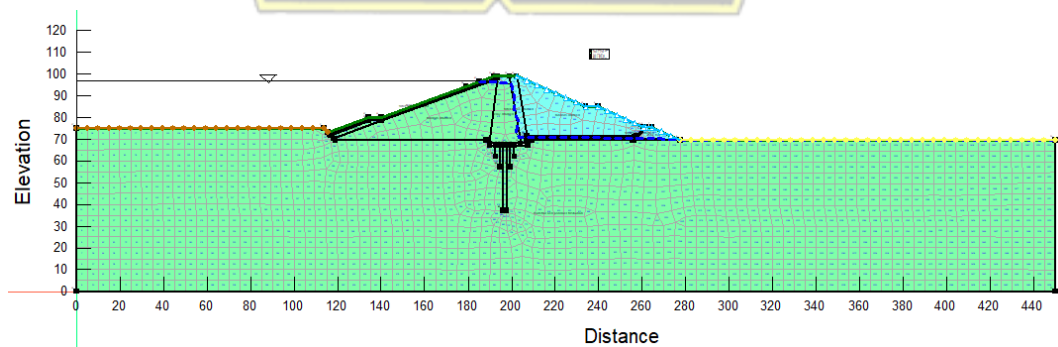
Berikut merupakan tampilan output permodelan *Geostudio 2018 R2*



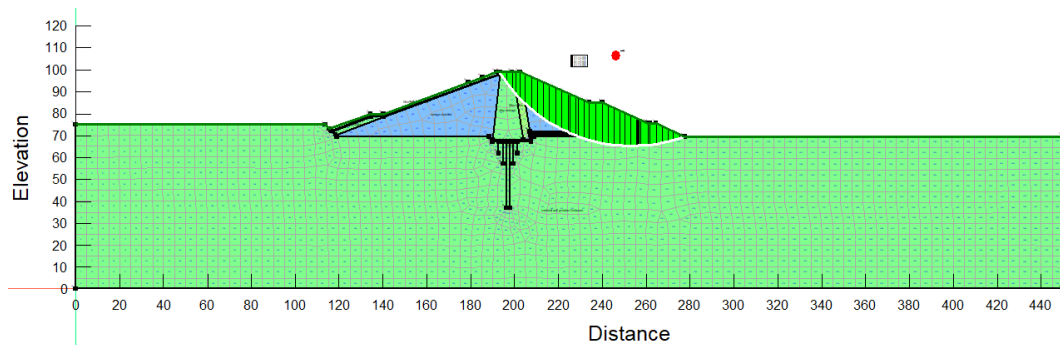
Gambar 4.10 Pore Water Pressure pada Kondisi Steady State



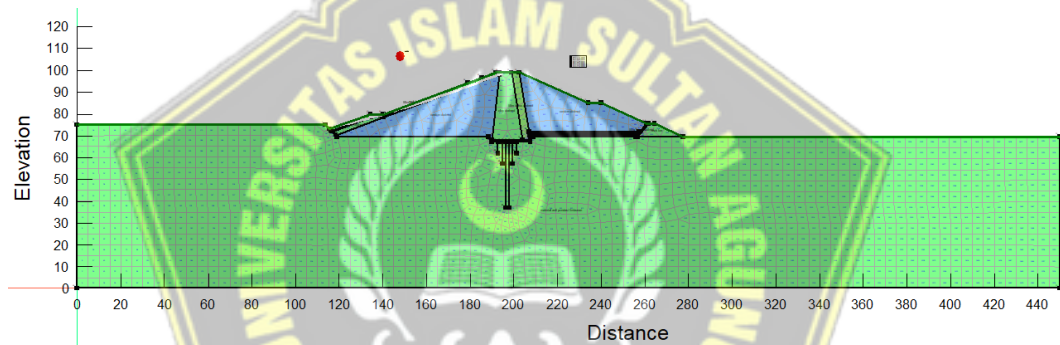
Gambar 4.11 Water Total Head pada Kondisi Steady State



Gambar 4.12 Garis Freatik dan Water Pressure Head pada Kondisi Steady State



Gambar 4.13 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi Steady State (SF=2.366)

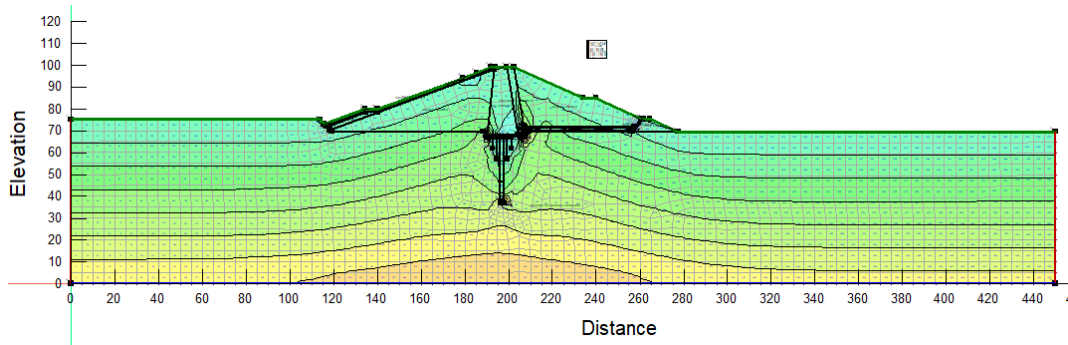


Gambar 4.14 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hulu Lereng Bendungan pada Kondisi Steady State (SF=2.867)

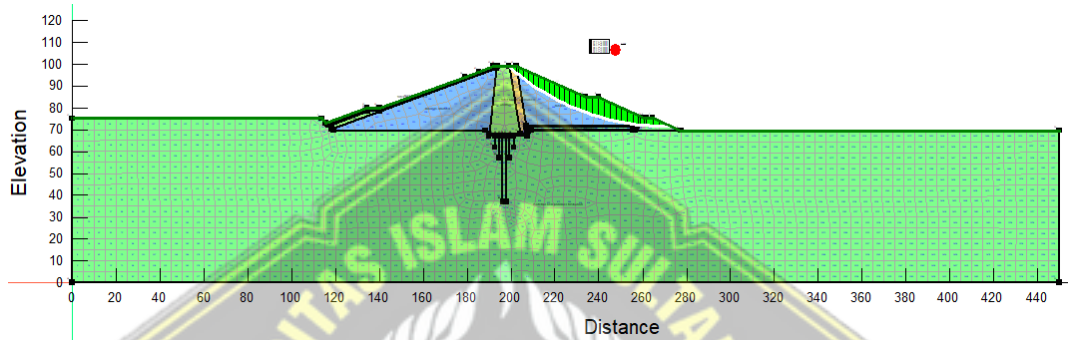
2. After construction Condition

After construction merupakan kondisi bendungan setelah selesai masa konstruksi. Pada kondisi ini, muka air pada bendungan berada pada level nol (muka air kosong) akibat dari waduk yang belum terisi air.

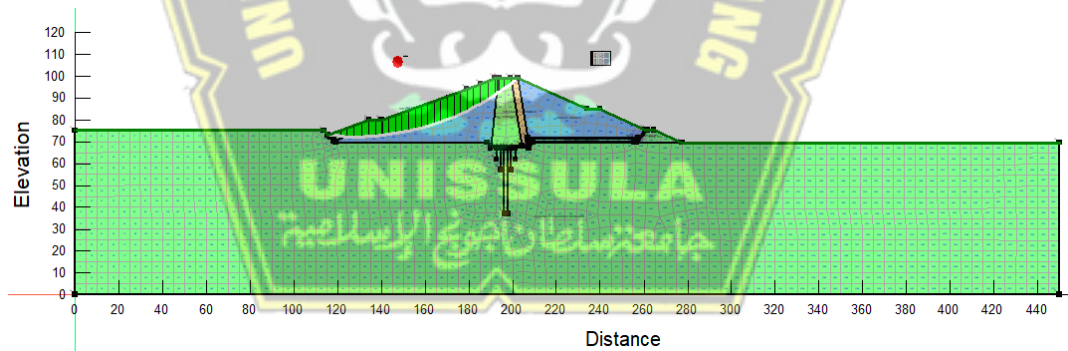
Berikut merupakan tampilan output permodelan *Geostudio 2018 R2*



Gambar 4.15 Tegangan Tanah Total Tanah pada Kondisi *After Construction*



Gambar 4.16 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hulu Lereng Bendungan pada Kondisi *After Construction* (SF=2,531)

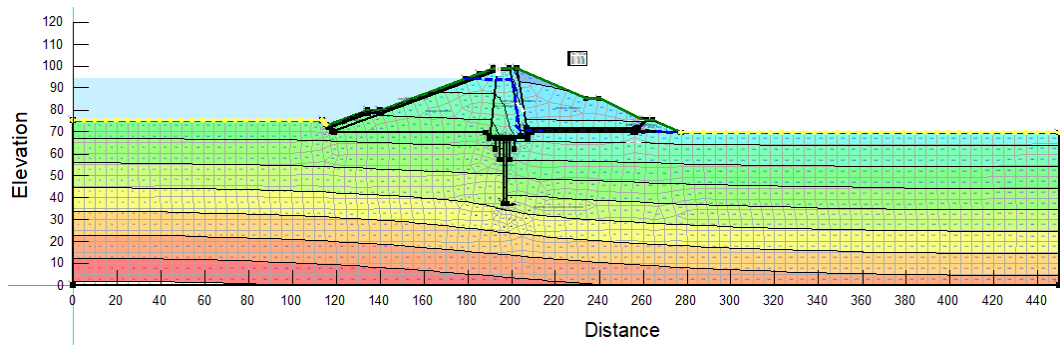


Gambar 4.17. Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi *After Construction* (SF=2,677)

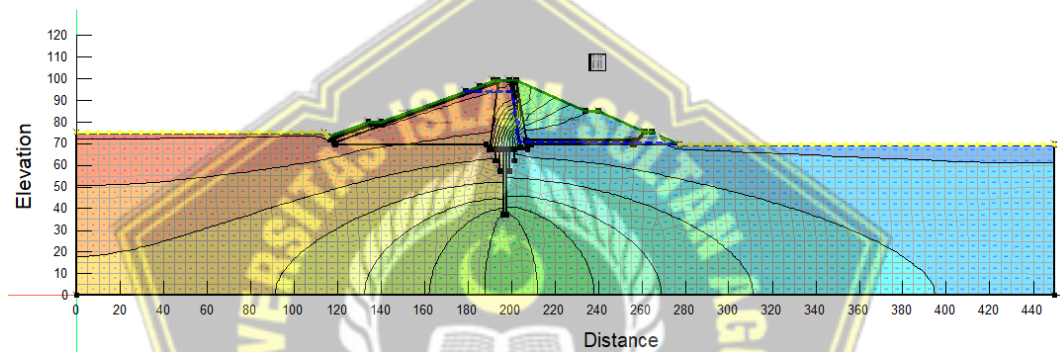
3. *Rapid Drawdown*

Pada kondisi ini, muka air bendungan berada pada level maksimum (MAM) lalu mengalami surut cepat elevasi tampungan mati (*dead strorage*)

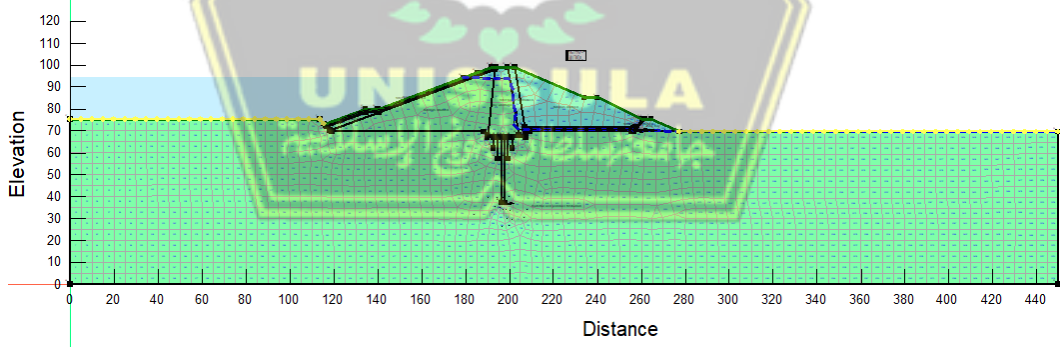
Berikut merupakan tampilan output permodelan *Geostudio 2018 R2*



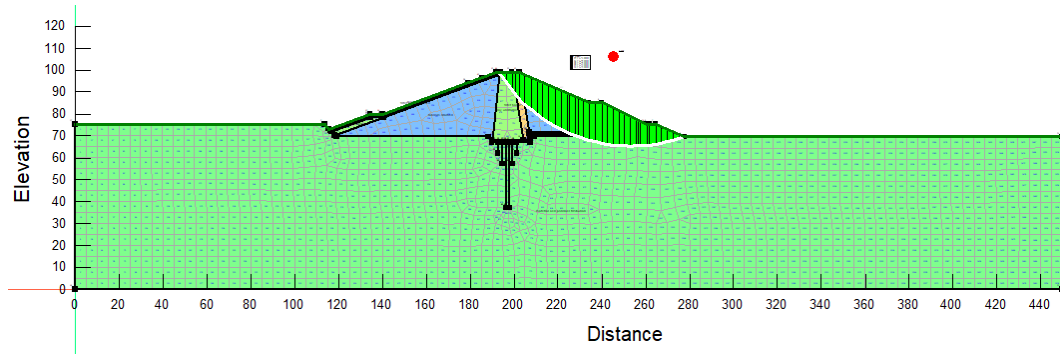
Gambar 4.18 Pore Water Pressure pada Kondisi *Rapid Drawdown*



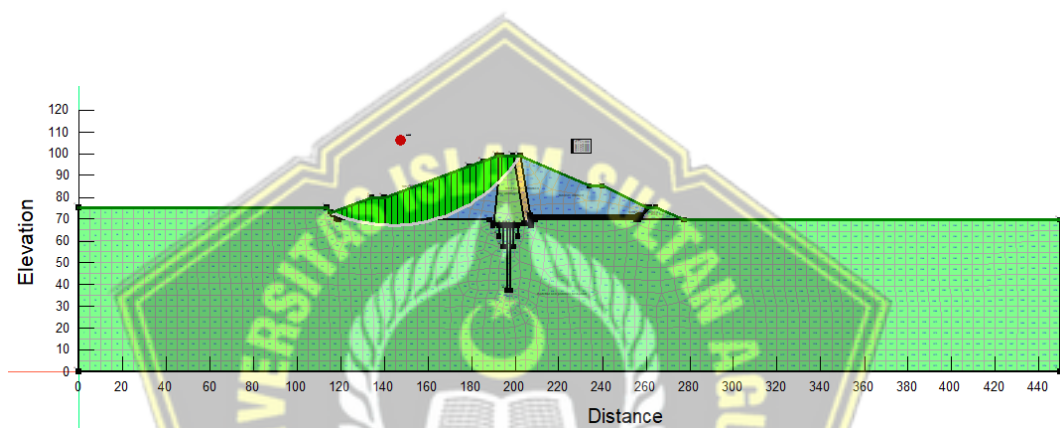
Gambar 4.19 Water Total Head pada Kondisi *Rapid Drawdown*



Gambar 4.20 Garis Freatik dan Water Pressure Head pada Kondisi *Rapid Drawdown*



Gambar 4.21 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan Kondisi *Rapid Drawdown* (SF=2.354)



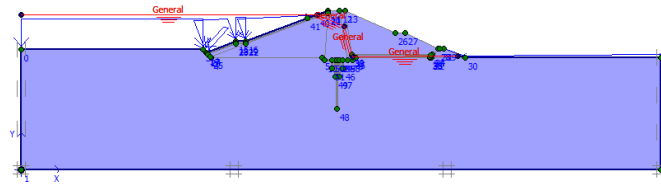
Gambar 4.22. Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hulu Bendungan Kondisi *Rapid Drawdown* (SF=2.418)

b) Plaxis v8.6

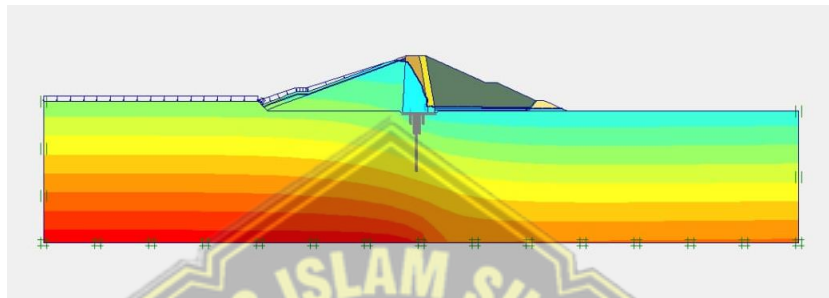
1. Steady state condition

Pada kondisi ini, muka air pada bendungan berada pada level normal (MAN) yang berlangsung pada kondisi lama.

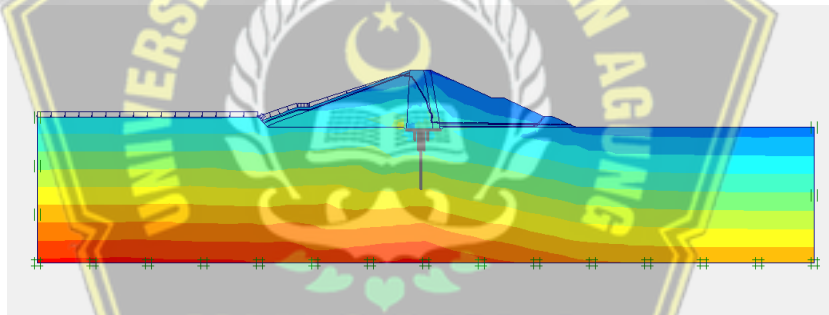
Berikut merupakan tampilan *output* permodelan *plaxis v8.6*



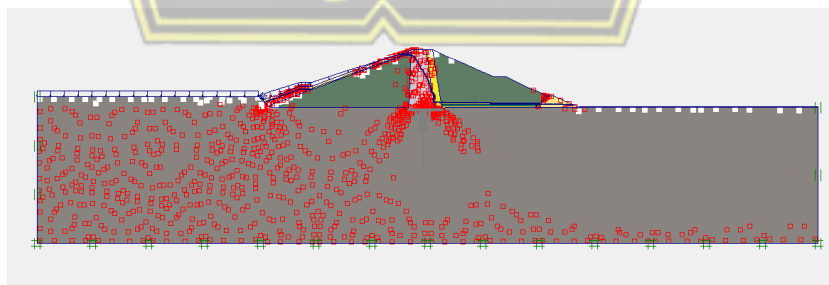
Gambar 4.23 Initial Water Level pada Kondisi Steady State



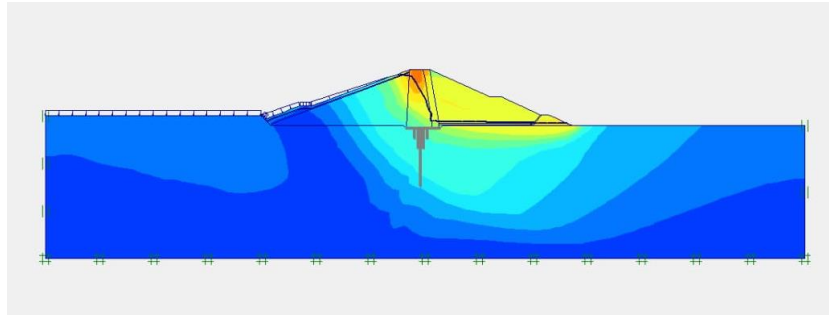
Gambar 4.24 Pore Water Pressure pada Kondisi Steady State



Gambar 4.25 Tegangan Tanah Total pada Kondisi Steady State



Gambar 4.26 Titik Plastic Point pada Kondisi Steady State



Gambar 4.27 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi *Steady State* (SF=2,1743)

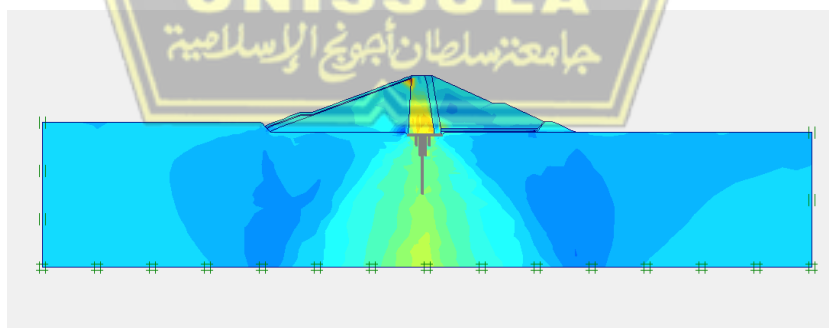
2. *After construction Condition*

After construction merupakan kondisi bendungan setelah selesai masa konstruksi. Pada kondisi ini, muka air pada bendungan berada pada level nol (muka air kosong) akibat dari waduk yang belum terisi air.

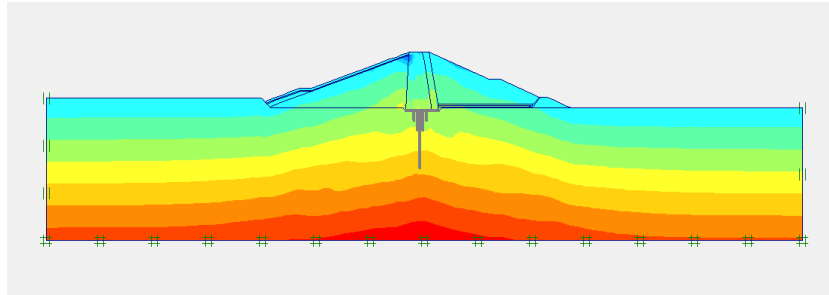
Berikut merupakan tampilan output permodelan *plaxis v8.6*



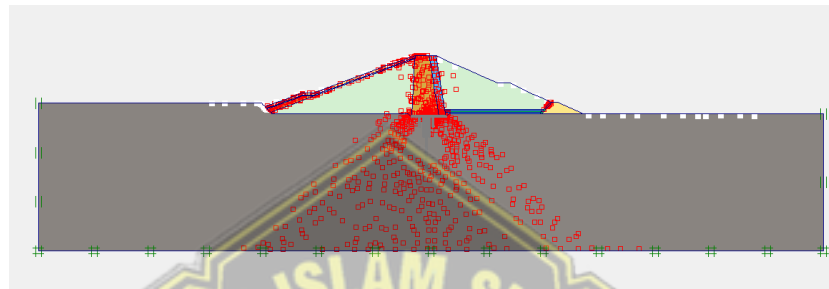
Gambar 4.28 Initial Water Level pada Kondisi *After Construction*



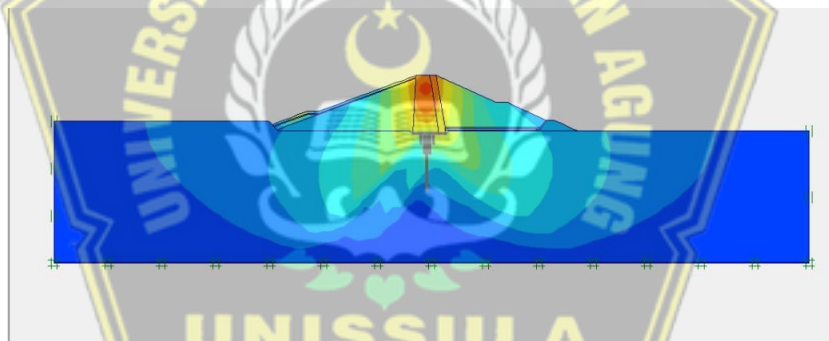
Gambar 4.29 Pore Water Pressure pada Kondisi *After Construction*



Gambar 4.30 Tegangan Tanah Total Tanah pada Kondisi *After Construction*



Gambar 4.31 Titik *Plastic Point* pada Kondisi *After Construction*

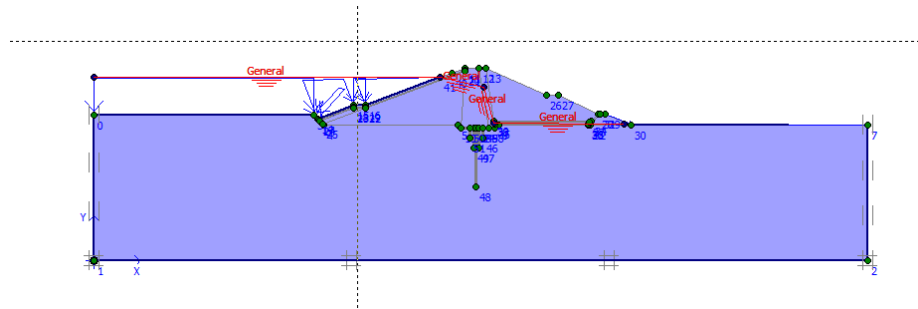


Gambar 4.32 Total Displacement Bendungan pada Kondisi *After Construction* (SF=1,3286) (Penurunan sebesar = 28 cm)

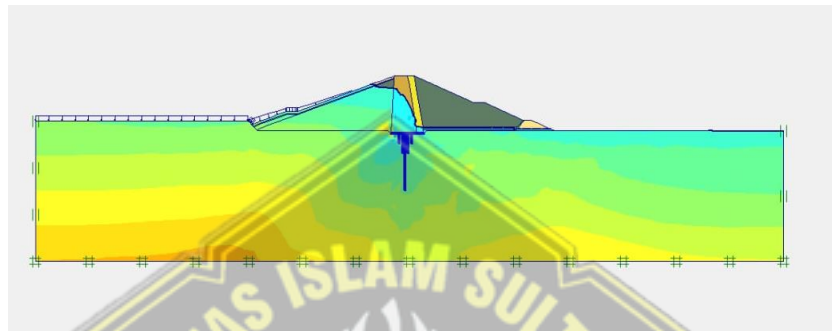
3. *Rapid Drawdown*

Pada kondisi ini, muka air bendungan berada pada level maksimum (MAM) lalu mengalami surut cepat elevasi tampungan mati (*dead storage*)

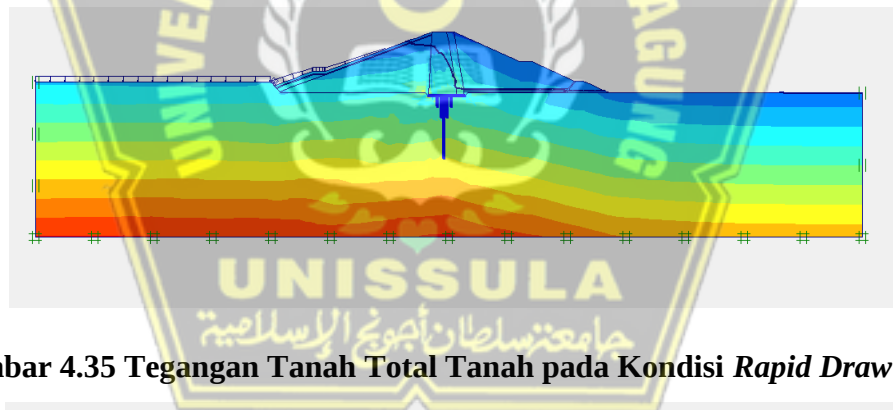
Berikut merupakan tampilan output permodelan *plaxis v8.6*



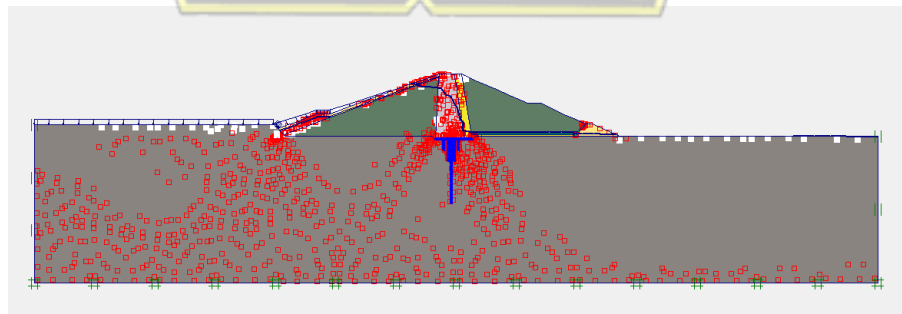
Gambar 4.33 *Initial Water Level* pada Kondisi *Rapid Draw Down*



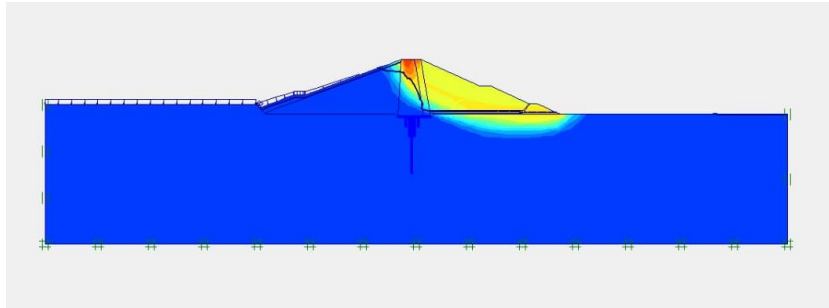
Gambar 4.34 *Pore Water Pressure* pada Kondisi *Rapid Draw Down*



Gambar 4.35 *Tegangan Tanah Total Tanah* pada Kondisi *Rapid Draw Down*



Gambar 4.36 *Titik Plastic Point* pada Kondisi *Rapid Draw Down*



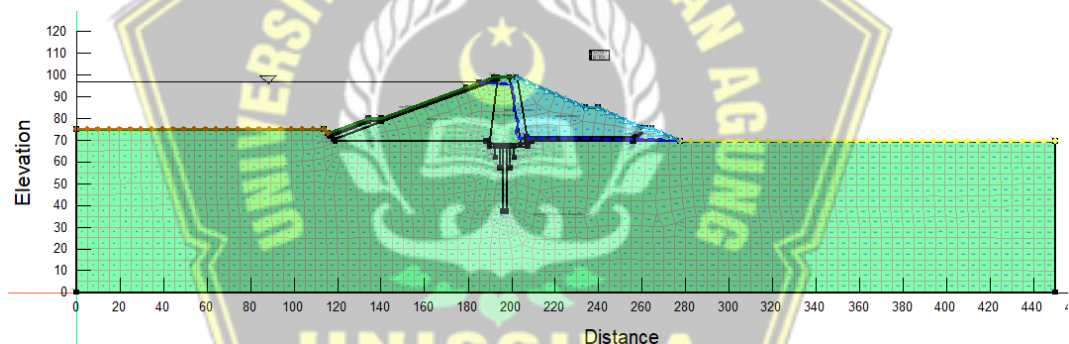
Gambar 4.37 Lokasi Bidang Gelincir Sisi Hilir Lereng Bendungan pada Kondisi *Rapid Draw Down* (SF=1,7464)

4.5.2 Analisa Angka rembesan

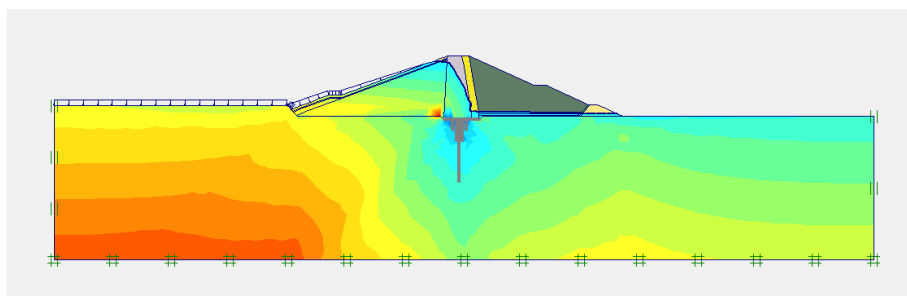
Pada analisa rembesan output yang diamati adalah :

a) Lengkung Kurva Garis Freatik

Dibawah ini merupakan hasil Analisa lengkung kurva garis freatik rembesan dengan *software geostudio 2018 r2* dan *plaxis v8.6*



Gambar 4.38 Lengkung Garis Freatik (Warna Biru) dengan Permodelan *Geostudio 2018 R2*

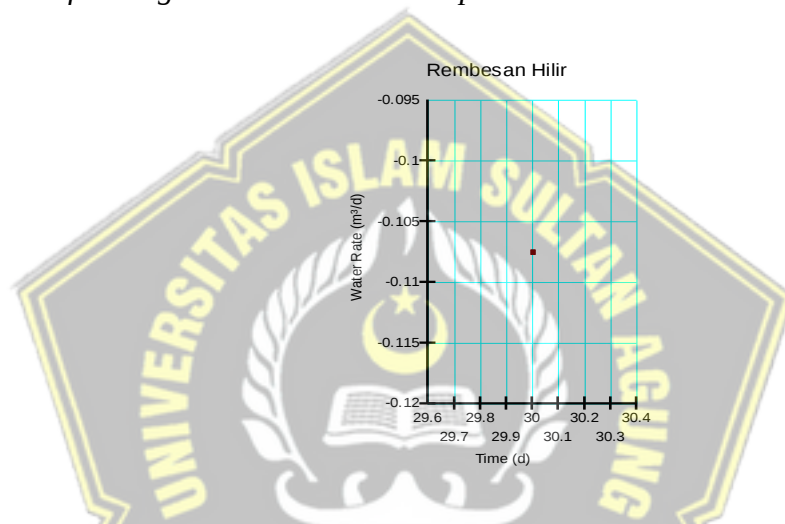


Gambar 4.39 Lengkung Garis Freatik (Warna Biru) dengan Permodelan *Plaxis v8.6*

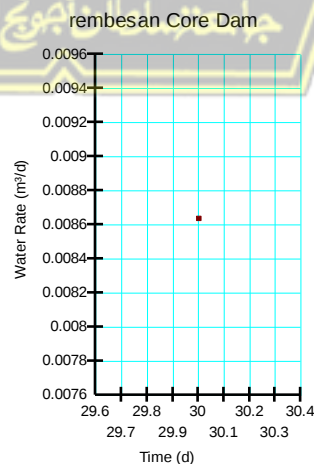
Terlihat bahwa garis freatik yang terbentuk antara dua permodelan memiliki tingkat kesamaan yang tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa permodelan rembesan yang telah dilakukan memiliki kreadibilitas yang baik karena memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dari dua *software* yang digunakan.

b) Debit Rembesan (*Seepage Quantity*)

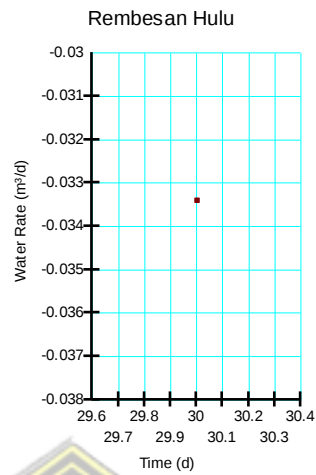
Dibawah ini merupakan hasil Analisa debit rembesan dengan *software geostudio 2018 R2* dan *plaxis v8.6*



Gambar 4.40 Debit Rembesan Bagian Hilir 0,10751m³/Hari dengan Permodelan Geostudio 2018 R2



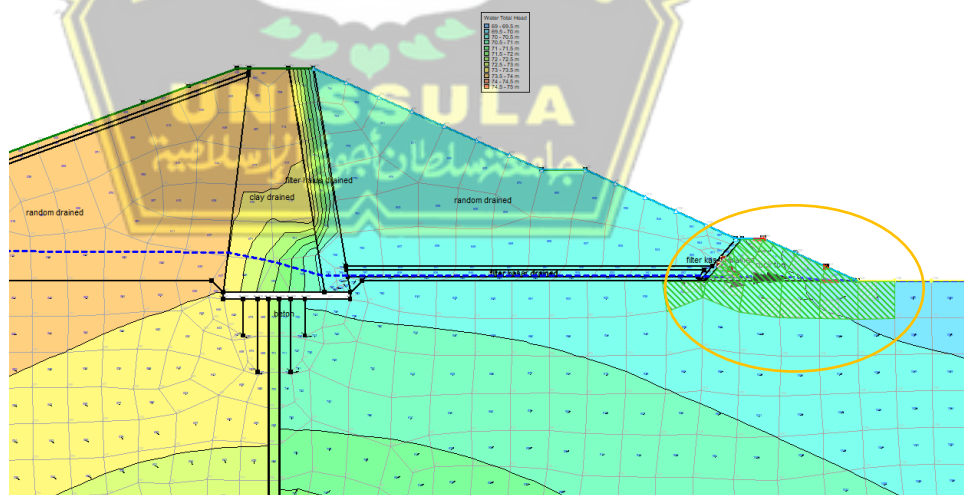
Gambar 4.41 Debit Rembesan Bagian Core Dam 0,00863974m³/Hari dengan Permodelan Geostudio 2018 R2



Gambar 4.42 Debit Rembesan Bagian Hulu Dam 0,033401m³/Hari dengan Permodelan Geostudio 2018 R2

c) Gradien Hidrolik

Berikut merupakan gradien hidrolik yang didapat dari *seep/W* diberikan pada Tabel berikut:



Gambar 4.43 Pemilihan Mesh untuk dilakukan Pembacaan Gradien Hidrolik

Tabel 4.9 Hasil Pembacaan Gradien Hidrolik pada Lokasi Tumit Hilir Bendungan

Water X-Gradient	Water Y-Gradient	Water XY-Gradient
-0.0515	0.0294	0.0593
-0.0336	-0.0271	0.0432
-0.1761	-0.0049	0.1761
-0.0019	0.0007	0.0020
0.0976	0.0961	0.1369
-0.0143	0.0190	0.0238
-0.0231	0.0061	0.0239
-0.0567	0.0116	0.0578
-0.0066	0.0786	0.0789
-0.0248	0.0331	0.0414
-0.0021	0.0002	0.0021
-0.0024	0.0021	0.0032
-0.0062	-0.1380	0.1381
-0.0404	-0.1625	0.1675
-0.0043	-0.1724	0.1725
-0.0086	-0.1244	0.1247
-0.0827	-0.1604	0.1805
-0.0322	-0.1982	0.2008
-0.0054	-0.1983	0.1984

Untuk melihat validasi permodelan maka penulis melakukan komparasi dari output kedua *software* yang digunakan yaitu *Geostudio 2018 R2* dan *Plaxis v8.6*, permodelan dapat dikatakan valid apabila kedua permodelan memiliki kesamaan dalam berbagai parameter. Adapun parameter yang penulis pilih sebagai bahan komparasi adalah:

1. Inisiasi elevasi muka air

Pada *software Geostudio 2018 R2* dan *Plaxis v8.6*, *initial water table* Digambar dengan cara yang sama (penggambaran dilakukan pada subbab perhitungan) tetapi pada *Geostudio 2018 R2* untuk *Rapid Drawdown*, *initial water table* menggunakan *parent analysis* pada sub program *seep/W*. sementara pada *Plaxis v8.6* tetap Digambar sesuai seperti yang dipaparkan pada subbab alur perhitungan. *Initial water table* yang telah digambar akan diubah menjadi *phreatic line* atau batas sisi basah dan sisi kering dari material. *software* mentransformasikan/mengubah *phreatic line* berdasarkan angka permeabilitas yang dimiliki dari tiap material.

2. Tegangan air pori

Tegangan air pori merupakan tegangan yang diakibatkan oleh tekanan air pori akibat dari pembeban air pada suatu tanah. salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mengetahui kredibilitas permodelan adalah dengan cara memperhatikan tegangan air pori pada bagian atas dan bawah garis freatik. Tegangan air pori pada bagian atas garis freatik adalah negatif sementara pada bagian bawah adalah positif dan semakin naik nilai tekanan air pori jika semakin kebawah.

Tegangan air pori dinotasikan dalam bentuk kontur warna. Dapat dilihat bahwa dari hasil permodelan *Plaxis v8.6* dan *Geostudio 2018 R2* adanya kesamaan dalam bentuk kontur. hal ini menunjukkan bahwa dalam permodelan memiliki kredibilitas yang baik karena telah memiliki hasil yang sama antara dua *software* tersebut.

3. Tegangan total

Tegangan total merupakan tegangan yang berasal dari tegangan air pori dan tegangan tanah murni (tegangan efektif). Pada gambar diatas, untuk kondisi *after construction*, kontur tegangan total memiliki bentuk yang sama dengan geometri tanah, hal ini menunjukkan bahwa tegangan air total didominasi oleh tegangan efektif tanah.

Adapun perbandingan antara hasil *Plaxis v8.6* dengan *Geostudio 2018 R2* memiliki kesamaan dalam bentuk kontur tegangan total. Hal ini menunjukkan

bahwa permodelan dengan *software* memiliki kredibilitas yang baik karena menunjukkan hasil yang sama.

4. Angka keamanan

Angka keamanan merupakan *output* terpenting dalam permodelan stabilitas tanah karena angka inilah yang akan menentukan keamanan dari suatu lereng berdasarkan suatu standarisasi tertentu. Dari hasil permodelan, dapat dibandingkan bahwa angka keamanan baik lokasi hulu dan hilir memiliki kesamaan maupun besarnya. Hal ini menunjukkan bahwa permodelan dengan *software* memiliki kredibilitas yang baik karena menunjukkan hasil yang sama.

4.6 Justifikasi Keamanan Bendungan

Justifikasi keamanan bendungan dilakukan setelah output permodelan didapat yaitu : stabilitas lereng terhadap beban normal dan analisa rembesan. Dalam melakukan justifikasi keamanan digunakan beberapa standar dari pemerintah maupun dari literatur yang berkait. Berikut merupakan uraian justifikasi keamanan bendungan logung :

a. Stabilitas Lereng Terhadap Beban Normal

Justifikasi keamanan lereng bendungan dilakukan dengan membandingkan nilai faktor keamanan dari permodelan terhadap faktor keamanan persyaratan. Bendungan dikatakan aman jika nilai SF permodelan lebih besar dari pada SF persyaratan ($SF_{\text{permodelan}} > SF_{\text{persyaratan}}$). Justifikasi keamanan bendungan pada tabel berikut.

Tabel 4.10. Justifikasi Keamanan Lereng Bendungan terhadap Beban Normal

No	Kondisi	SF Permodelan		SF Persyaratan		Aman/ Tidak Aman
		<i>Plaxis</i> v8.6	Geostu dio 2018 R2	RSN I M- 03- 2002	Lambe, 1969; sherard et	

					al.,1963	
1	Steady state					
A	Hulu	-	2,867	1,5	1,5	Aman
B	Hilir	2,1734	2,366	1,5	1,5	Aman
2	After constructio n					
A	Hulu	-	2,677	1,3	1,4	Aman
B	Hilir	1,3286	2,531	1,3	1,4	Aman
3	Rapid draw down					
A	Hulu	-	2,418	1,2	1,2	Aman
B	Hilir	1,7464	2,354	1,2	1,2	Aman

Terlihat bahwa untuk semua kondisi pembebanan, SF permodelan, baik dengan *plaxis v8.6* maupun dengan *geostudio 2018 R2*, selalu lebih besar SF peryaratn (RSNI M-3-2003 dan Lambe, 1969 ; sherard et al., 1963) sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng bendungan stabil terhadap berbagai kondisi pembebanan.

b. Keamanan Bendungan Terhadap Rembesan

Keamanan bendungan terhadap bahaya rembesan dilihat berdasarkan beberapa faktor diataranya

1. Debit Rembesan

Berdasarkan permodelan, debit rembesan diujung kaki hilir didapat sebagai berikut :

$$\text{Geostudio : } 0,10751\text{m}^3/\text{hari} = 107,51 \text{ liter/hari}$$

Dibawah ini merupakan persyaratan keamanan debit rembesan

Tabel 4.11. Keamanan Debit Rembesan (Look,2005)

Dam height (m)	Seepage,litres/day/metre,(Litres/minute/metre)	
	O.K	Not O.K
< 5	<25 (0.02)	>50 (0.03)
5-10	<50 (0.03)	>100 (0.07)
10-20	<100 (0.07)	>200 (0.14)
20-40	<200 (0.14)	>400 (0.28)
>40	<400 (0.28)	>800 (0.56)

Berdasarkan tabel persyaratan diatas dengan tinggi bendungan 30 m debit ijin rembesan adalah <200 liter/days sementara hasil permodelan menunjukan bahwa debit rembesan yang terjadi lebih kecil dari debit ijin.

2. Pengaruh Garis Freatik

Suatu bendungan dikatakan memiliki keamanan terhadap rembesan, jika garis freatik yang terbentuk tertangkap oleh vertical drain dan dikeluarkan melalui horizontal drain. Bentuk garis freatik line sendiri dapat diamati dengan melakukan permodelan. Dalam analisa ini, hasil permodelan garis freatik dapat dilihat pada Gambar 4.38 dan 4.39.

Terlihat, baik dengan geostudio 2018 R2 maupun *plaxis v8.6*, bentuk garis freatik yang didapat adalah sama. Garis tersebut berjalan lurus menebus *rock fill*, *filter*, *random*, dan lempung lalu turun secara berkala pada timbunan filter halus, kemudian dikeluarkan melalui *horizontal drain*. Dari perilaku garis freatik diatas, dapat disimpulkan bahwa garis freatik keluar tidak memotong tubuh bendungan melainkan melalui *horizotal drain*. Sehingga bendungan aman secara analisa garis freatik.

3. Keamanan Terhadap Peristiwa Boilling

Peristiwa *boilling* adalah ketidakmampuan gaya berat tanah (*overburden*) menahan gaya angkat (*up lift*) akibat rembesan.

Peristiwa ini berlangsung dalam tempo yang lama, dan lokasi terjadinya sekitar kaki hilir bendungan. Jika peristiwa ini terjadi maka akan menimbulkan sufosi atau erosi internal material yang berdampak pada instabilitas bendungan.

Keamanan bendungan terhadap peristiwa *boilling* dapat dilihat dari hasil permodelan rembesan Dengan Geostudio 2018 R2

Keamanan *boilling* pada seep/w dapat dilakukan dengan mengeluarkan informasi gradient maksimum (I_{max}) dari noda terletak disekitar tumit hilir bendungan. Keamanan terhadap peristiwa *boilling* ditentukan dengan rumus berikut :

$$FS = \frac{I_{cr}}{I_{max}} > 4$$

$$ICR = \frac{GS-1}{e+1}$$

Sedangkan

Dimana:

F_s : angka keamanan rembesan

I_{cr} : gradien hidrolik kritis

I_{max} : gradient hidrolik maksimum

G_s : berat jenis batuan tumit (sandstone =2,65)

E : angka pori batuan (e) = 0,65

Angka pori paling rawan terhadap *boilling* untuk

Sandstone (hardiyatmo,2006)

FS syarat : 4

$$ICR = \frac{2,65 - 1}{0,65 + 1} = 1$$

Analisa keamanan terhadap peristiwa *boilling* diberikan pada Tabel berikut :

Tabel 4.12 Analisa Keamanan Bendungan terhadap Peristiwa *Boilling*(Cristady, 2010:220)

Water X-Gradient	Water Y-Gradient	Water XY-Gradient	I max	icr	SF Boiling	SF syarat	OK/NOT OK
-0.0515	0.0294	0.0593	0.0593	1	16.8570	4	OK
-0.0336	-0.0271	0.0432	0.0432	1	23.1589	4	OK
-0.1761	-0.0049	0.1761	0.1761	1	5.6773	4	OK
-0.0019	0.0007	0.0020	0.0020	1	493.8947	4	OK
0.0976	0.0961	0.1369	0.1369	1	7.3022	4	OK
-0.0143	0.0190	0.0238	0.0238	1	41.9643	4	OK
-0.0231	0.0061	0.0239	0.0239	1	41.8175	4	OK
-0.0567	0.0116	0.0578	0.0578	1	17.2923	4	OK
-0.0066	0.0786	0.0789	0.0789	1	12.6717	4	OK
-0.0248	0.0331	0.0414	0.0414	1	24.1814	4	OK
-0.0021	0.0002	0.0021	0.0021	1	470.3915	4	OK
-0.0024	0.0021	0.0032	0.0032	1	310.4764	4	OK
-0.0062	-0.1380	0.1381	0.1381	1	7.2393	4	OK
-0.0404	-0.1625	0.1675	0.1675	1	5.9715	4	OK
-0.0043	-0.1724	0.1725	0.1725	1	5.7977	4	OK
-0.0086	-0.1244	0.1247	0.1247	1	8.0190	4	OK
-0.0827	-0.1604	0.1805	0.1805	1	5.5417	4	OK
-0.0322	-0.1982	0.2008	0.2008	1	4.9802	4	OK
-0.0054	-0.1983	0.1984	0.1984	1	5.0405	4	OK

Terlihat pada tabel diatas bendungan aman dari peristiwa *boilling* yang memicu terjadinya gaya *up lift* dan *piping* pada bendungan. SF *boilling* yang didapatkan dari perhitungan gradient dari noda bagian hilir

bendungan menunjukan angka yang melebihi dari SF syarat sehingga dapat disimpulkan bahwa bendungan aman terhadap peristiwa boiling.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan analisa geoteknik bendungan logung terhadap keamanan rembesan dan stabilitas lereng, diantaranya :

- 1) Telah dilakukan studi komparasi dengan data sekunder untuk material timbunan tanah pasir, lempung, tanah random dan *rocktoe* sebagai bahan analisa kelayakan material timbunan bendungan, dengan hasil layak digunakan karena memenuhi spesifikasi dan persyaratan pengisi zona filter dan kedap air.
- 2) Dengan *seep/w* (*geostudio*), telah dilakukan analisa keamanan bendungan terhadap bahaya rembesan, meliputi : debit rembesan, pengamatan garis freatik, dan bahaya *boilling*, menunjukkan hasil yang beragam. Bendungan dinyatakan aman pada analisa garis freatik, analisa debit rembesan dan bahaya *boiling*.
- 3) Dengan *plaxis 8.6* dan *slope/w* (*geostudio*), telah dilakukan analisa stabilitas lereng bendungan terhadap beban normal pada tiga kondisi yaitu : *steady state*, *after contruction*, dan *rapid draw down* yang menunjukkan hasil bahwa bendungan dinyatakan aman pada ketiga kondisi tersebut.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis adalah sebagai berikut :

- 1) Bendungan harus di cek stabilitas terhadap gempa dengan beberapa metode yaitu OBE (*Operating Basic Earth Quake*) dimana analisa angka aman didapat dengan anggapan bendungan tidak mengalami kerusakan struktur sama sekali, metode MDE (*Maximum Design Earth Quake*) dimana analisa ini angka aman didapat dengan asumsi terjadi kerusakan struktur namun tidak mempengaruhi stabilitas bendungan.
- 2) Bendungan harus di cek terhadap peristiwa *liquifaction*, yaitu berkurangnya tegangan efektif butiran pasir karena pengaruh gaya gempa. Suspect terjadinya peristiwa ini pada timbunan pasir zona filter.

- 3) Harus dilakukan pengujian laboratorium dan studi komparasi dengan data sekunder untuk material timbunan Bendungan sebagai bahan analisa kelayakan meterial timbunan bendungan.



DAFTAR PUSATAKA

- Affandi, D. (2014). *Kriteria Material Konstruksi Untuk Bendungan Urugan (Studi Kasus Bendungan Sindangheula)*. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 5(2), 165-180.
- Anonim. (2017). *Modul 12 Analisa Stabilitas Bendungan: Perhitungan Rembesan*. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Anonim. (2015). *Spesifikasi Teknik Bendungan Randugunting*. SNVT Pembangunan Bendungan.
- Anonim. (2016). *Metode Pelaksanaan Bendungan Randugunting*. SNVT Pembangunan Bendungan.
- ASTM. (2001). *Standard Test Method or Relative Density (Specific Gravity) and Absorbtion of Coarse Aggregate-ASTM.C.127*, *Annual Books of ASTM Standard 2001*. Philadelphia, USA: ASTM.
- Christady, Hary, (2010). *Mekanika Tanah II*, Yogyakarta : Gajah Mada University press.
- Craig, RF. (2004). *Craig's Soil Mechanic*. London dan New York : Taylor and Francis Group.
- Das, Braja dan Sobhan, Khaled. (2018). *Principial of Geotechnical engineering*. Stanford : Cengage Learning.
- Dharmayasa, I. G., Redana, I. W., & Suwarsa Putra, T. G. (2014). *Analisis Keamanan Lereng Bendungan Utama Pada Bendungan Benel di Kabupaten Jembrana*. *Jurnal Spektran*, 2 (2).
- Dharmayasa, I. G. N. P. (2018). *Analisis Rembesan Di Bawah Tubuh Bendungan Urugan*. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 7(1), 53-62.
- Dewa, G. (2014). *Analisa Stabilitas Tubuh Bendungan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Feel R, McGroggor P, Stepledon D, Bell G, (2005). *Geotechnical Engineering of Dam*. AA Balkema Publisher.
- Hardiyatmo, Harry C. (2006). *Mekanika Tanah I*, Yogyakarta : Gajah Mada University press.

- Hanan, Z. (2014). *Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Jatigede dengan Parameter Gempa Termodifikasi* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Lourina EO, Suwignyo, Farullah H, *Penggunaan Counterweight Terhadap Kestabilan Lereng Bendungan*. SENTRA. 2020.
- Lambe, T. C., and Whitman, R. V. “*Soil Mechanics*”, John Willey & Sons, New York. 1969.
- Look B G. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. London : Taylor and Francis
- Novak et all. (2006). *Hydraulic Structure*. New York : Taylor and Francis.
- Pratikso, “*Bahan Ajar Mekanika Tanah II*” Universitas Islam Sultan Agung Semarang 2019.
- Putra,Tjokorda Gde Suwarsa , I Nyoman Aribudiman, & Gede Rico Juliawan. (2016). *Analisis Stabilitas Lereng Pada Bendungan Titab*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 20(1), 8-14.
- Rangga Permana Limianto. (2011). *Analisa Lereng Bendungan Tanah Pada Kondisi Rapid Drawdown Dengan Perangkat Lunak Geostudio*, Yogyakarta : Universitas Indonesia.
- RSNI-M-03-2003. *Metode Analisa Statik Stabilitas Lereng Bendungan Tipe Urugan*.
- Rifai, M. (2017). *Studi Kelayakan Pembangunan Bendungan Randu Gunting dengan Memperhatikan Faktor Larap* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNISSULA).
- Rupang, C. A., Nepa, A., Ohoiwutun, T. T., Setyadi, U., Mambrasar, B., & Pristianto, H. (2018). *Bendung dan Bendungan*.
- Soedibyo. (1993). *Teknik Bendungan*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono. Nakazawa, Kazuto. (2000), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono, dan Kensaku, (1997). *Bendungan Tipe Urug*. Jakarta Pradnya.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1977). *Bendungan Type Urugan*. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sarah, D., Imron, A., Hardiyati, S., & Sadono, K. W. (2017). *Analisa Geoteknik Bendungan Gongseng Terhadap Keamanan Rembesan, Stabilitas Lereng, Dan Beban Gempa*. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 83-90.

- Tanjung, M. I., Sari, R. N., & Ghafara, R. (2017). Screening analysis stabilitas lereng bendungan urugan akibat gempa di Indonesia. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 8(1), 43-56.
- Tri Wardani. (1993). *Analisis stabilitas lereng bendungan Keuliling dan analisis stabilitas dinamik bendungan*. Unikom.
- Terzaghi, K, and Peck, R. “*Soil Mechanics In Engineering Practice*”, John Willey & Sons, New York. 1969.
- Taufiq, Muhammad dan Wahyu Kurniawan. (2017). *Analisis Stablitas Lereng dan Rembesan pada Bendungan Logung di Jawa Tengah Menggunakan Plaxis 8.6 dan Geostudio 2007. Tugas Akhir*. Semarang : Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA).
- Whiliam T., Whitman, Robert V., “*Soil mechanics*”, 1962.
- Zang, Lianyang. (2006). *Engineering Properties of Rock*, New York : Elsevir







LAMPIRAN

BAB V

MATERIAL KONTRUKSI

5.1 MATERIAL KONSTRUKSI

Evaluasi material bahan bangunan dimaksudkan untuk mengetahui potensi bahan bangunan yang ada, antara lain berupa bahan inti, aggregate, serta material random yang diperlukan pada saat pelaksanaan pembangunan Bendungan Randu Gunting..

Pada Pekerjaan Tambahan ini telah dilaksanakan pekerjaan tambahan berupa investigasi geoteknik antara lain : pekerjaan pemboran Inti sebanyak 13 lubang dengan total panjang 300 meter dan penggalian sumur uji sebanyak 10 titik diareal borrow areal, sampling material tanah, pasir, batu dan pengujian Laboratorium.

5.2 BORROW AREA MATERIAL TANAH

Bahan timbunan untuk inti bendungan lokasi pengambilan materialnya terdapat di daerah genangan, kearah Up stream dan lokasi As. Bendungan dapat dilihat pada **Gambar terlampir**.

Dan borrow area tersebut memiliki cadangan volume yang cukup berdasarkan penyebaran dan ketebalannya, dan volumenya dapat dipakai berkisar 960.000 m³, sementara kebutuhan material timbunan Inti sebesar: 476.372 m³, volume borrow area tersebut adalah sebagai berikut:

Estimate Volume Borrow Area Material tanah.

No	Lokasi	Luas Area (m2)	Ketebalan (m)	Volume (m3)	Efektiv	Produksi (m3)
1	Borrow Areal	480.000	2	960.000	0,8	768.000
T O T A L						768.000
KEBUTUHAN MATERIAL TIMBUNAN TANAH						± 476.372

5.3 QUARRY BAHAN AGGREGAT

Quarry untuk bahan aggregate halus dan bahan aggregate kasar rencananya disarankan diambil dari Genangan dan daerah Pamotan yang berjarak kurang lebih 80 km dari lokasi rencana Bendungan Randu Gunting.

5.4 QUARRY BAHAN TIMBUNAN BATUAN (ROCK MATERIAL)

Bahan material batu untuk timbunan batu dan rip-rap juga disarankan mengambil atau mendatangkan dari Pamotan yang berjarak kurang lebih 80 Km dari lokasi rencana Bendungan Randu Gunting karena kualitasnya cukup baik

5.5 PENGUJIAN MATERIAL

5.5.1 Material Inti Kedap Air

Material lempung dari lokasi borrow area 1, berdasarkan dari sumur uji (TP-1, TP-2, TP-3, TP-4 dan TP-5), memiliki butiran tanah yang bergradasi relative halus serta mempunyai index plastisitas antara : (20,32 % - 23,69 %), dengan demikian untuk kebutuhan material contact clay dapat diambilkan dari lokasi ini.

Hasil pengujian laboratorium borrow area seperti tersebut dalam Summary of soil Test dapat ditunjukkan sebagai berikut:



DATA HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM BORROW AREA

SUMMARY OF SOIL TEST														
LOCATION		Bendungan Randu Gunting			January., 2016			Tested by : Lab.						
SAMPLE NO.					TP - 1	TP - 2	TP - 3	TP - 4	TP - 5	TP - 6				
BORROW PIT AND DEPTH (m)					0.20-2.00	0.20-2.00	0.20-2.00	0.20-2.00	0.20-2.00	0.20-2.00				
OBSERVATION														
INDEX PROPERTIES TEST	95% Max. γ _d wet side	Natural water content			W	(%)	31.42	36.52	34.24	37.71	35.23	32.56		
		Specific gravity of soil			G _s		2.663	2.658	2.665	2.657	2.664	2.661		
		Wet density			γ _t	(g/cm ³)	1.734	1.732	1.741	1.728	1.733	1.739		
		Water content			W	(%)	35.40	39.80	38.40	40.10	38.80	36.50		
		Dry density			γ _d	(g/cm ³)	1.281	1.239	1.258	1.233	1.248	1.274		
		Saturated density			γ _{sat}	(g/cm ³)	1.800	1.773	1.786	1.769	1.780	1.795		
		Submerged density			γ _{sub}	(g/cm ³)	0.800	0.773	0.786	0.769	0.780	0.795		
		Void ratio			e		1.079	1.146	1.119	1.155	1.134	1.089		
		Degree of Saturation			S	(%)	87.33	92.34	91.47	92.27	91.14	89.21		
	GRAIN SIZE	Proportion	Gravel part				(%)	2.0	1.1	2.3	2.2	2.5	2.4	
			Sand part				(%)	29.1	24.4	26.7	16.1	21.0	26.7	
			Silt part				(%)	36.9	39.7	39.9	42.5	43.5	43.2	
			Clay part				(%)	32.0	34.8	31.1	39.2	33.0	27.7	
			Passing # 200 Sieve				(%)	68.9	74.5	71.0	81.7	76.5	70.9	
		Max. diameter				(mm)	25.4	19.1	25.4	25.4	25.4	38.1		
		60 % diameter				(mm)	0.031	0.023	0.04	0.019	0.031	0.032		
		30 % diameter				(mm)	0.004	0.0032	0.0045	0.0019	0.0033	0.0062		
		10 % diameter				(mm)	-	-	-	-	-	-		
		Uniformity Coefficient (C _u)					-	-	-	-	-	-		
		Curvature Coefficient (C _c)					-	-	-	-	-	-		
	Soil Type					Clay	Clay	Clay	Clay	Clay	Clayey Loam			
	CONSISTENCY	Liquid limit			LL	(%)	50.89	57.22	55.65	58.94	56.56	53.64		
		Plastic limit			PL	(%)	30.57	34.87	32.73	35.25	33.17	31.37		
		Plasticity index			PI		20.32	22.35	22.92	23.69	23.39	22.27		
		Flow index					22.23	26.22	24.25	25.33	23.33	23.63		
		Shrinkage limit			SL		-	-	-	-	-	-		
		Unified Soil Classification			Coarse grained Soils		MH	MH	MH	MH	MH	MH		
	STRUCTURAL PROPERTIES TEST	PERMEABILITY K				(cm/sec)	5.45E-07	9.71E-07	7.61E-07	1.01E-06	8.42E-07	6.62E-07		
SHEARING STRENGTH		Triaxial	Compression	UU	Unconfined		Compression strength	(kg/cm ²)	-	-	-	-	-	
					Compression		Sensitivity		-	-	-	-	-	
					Direct		Cohesion	C	(kg/cm ²)	-	-	-	-	-
					Compression		Internalfriction angel	ϕ		-	-	-	-	-
							Cohesion	C	(kg/cm ²)	-	-	-	-	-
							Internalfriction angel	ϕ		-	-	-	-	-
		CONSOLIDATION		CU	Total	Cohesion	C	(kg/cm ²)	0.226	0.257	0.287	0.325	0.311	0.320
						Internalfriction angel	ϕ	Decimal	17.812	15.368	15.483	14.896	15.950	16.922
					Stress	Internalfriction angel	ϕ	Degree	17° 49'	15° 22'	15° 29'	14° 54'	15° 57'	16° 55'
						Effective	Cohesion	C'	(kg/cm ²)	0.208	0.256	0.254	0.294	0.288
				Stress	Internalfriction angel		ϕ	Decimal	20.124	17.565	18.531	16.856	18.300	19.962
						Internalfriction angel	ϕ	Degree	20° 08'	17° 34'	18° 32'	16° 51'	18° 18'	19° 58'
				Initial void ratio e _o					1.080	1.132	1.125	1.166	1.128	1.085
				Preconsolidation load P _o				(kg/cm ²)	1.82	1.87	1.73	1.43	1.58	1.67
Compression index C _c					0.329	0.435	0.680	0.284	0.309	0.437				
Coef. of Consolidation C _v				(cm ² /sec)	8.63E-03	6.48E-03	6.03E-03	5.02E-03	5.98E-03	6.14E-03				
Coef. of Volume Compressibility m _v				(cm ² /g)	2.72E-05	3.07E-05	5.12E-05	2.74E-05	2.73E-05	3.47E-05				
Coef. of Permeability K				(cm/sec)	2.28E-07	2.02E-07	3.18E-07	1.43E-07	1.57E-07	2.26E-07				
Compaction		Optimum Moisture content			(%)	30.40	35.30	33.70	35.80	34.40	31.50			
		Maximum Dry Density (γ _d)			(g/cm ³)	1.348	1.304	1.324	1.298	1.314	1.341			

Klasifikasi tanah dari borrow area, secara umum jenis klasifikasi tanah yaitu MH dengan kurva gradasi diameter butir dibawah 0,0074mm (ayakan no. 200) mempunyai harga rata-rata 73,92 % dan index plastisitas rata-rata 19,95 %.

Hasil pemadatan standar untuk material yang lolos ayakan no. 4 (4.76 mm) adalah :

- OMC rata – rata	: 33,52 %
- γ_d rata – rata	: 1,255 gram/cm ³
- Specific gravity rata – rata	: 2,662
- γ_t rata – rata	: 1,734 ton/m ³
- γ_{sat} rata – rata	: 1,784 ton/m ³

Dari hasil uji konsolidasi dapat diambil nilai koefisien permeabilitas rata-rata $K = 2,12 \text{ E}^{-07} \text{ cm/det}$, Coefficients of Volume Compressibility rata-rata $= 3,31 \text{ E}^{-05} \text{ cm/det}$.

Kuat geser diambil dari CU test diperoleh:	Total	Efective
- Kohesi (C)	0,288 ton/m ²	0,266 ton/m ²
- Sudut geser dalam (Θ)	16 ° 34 ‘	18 ° 33 ‘ 5 “

- **Volume Borrow Area.**

Volume borrow area untuk rencana material inti bendungan sudah mencukupi untuk kebutuhan material inti bendungan surga antara lain:

Volume borrow area: $\pm 855.000 \text{ M}^3$.

Perkiraan cadangan material tanah(core) Borrow Area A sebagai berikut :

- Borrow Area 1 = (600 m x 300 m x 2 m) = 360.000 m³.
- Borrow Area 2 = (400 m x 300 m x 2 m) = 240.000 m³.
- Borrow Area 3 = (600 m x 300 m x 2 m) = 360.000 m³.

Volume Total borrow area = 960.000 m³.

Jadi total Volume seluruh dikurangi error sebesar 20% = 768.000 m³

5.5.2 QUARRY BAHAN AGREGAT

Quarry untuk bahan agregat halus dan bahan agregat kasar rencananya Akan diambilkan didaerah genangan dengan volume sebesar 792.00 m³ setelah dikurangi factor error sebesar 20 %, dan bila dalam pelaksanaan nanti kekurangan material, untuk mencukupi kebutuhan bahan agregat halus maupun kasar bendungan Randu Gunting, disarankan nantinya diambilkan dari Pamotan dengan proses crushing terlebih dahulu.

5.5.3 QUARRY BAHAN TIMBUNAN BATUAN DAN BAHAN TIMBUNAN SEMBARANG (ROCK & RANDOM MATERIAL)

Bahan material batu untuk timbunan batu disarankan didatangkan dari luar areal proyek di Pamotan yang berjarak kurang lebih 80 km dimana disana quarrynya tersusun dari batuan Andesit cukup keras sehingga sangat baik dipakai untuk timbunan batu dan Rip-Rap

5.5.2. Material Filter

Material filter terbagi dalam 2 (dua) jenis, yaitu filter halus dan filter kasar yang dapat diperoleh didaerah genangan. Umumnya terdiri dari campuran pasir kerikil didaerah genangan dengan volume sebesar 792.00 m³ setelah dikurangi factor error sebesar 20 %, dan bila dalam pelaksanaan nanti kekurangan material, untuk mencukupi kebutuhan bahan agregat halus maupun kasar bendungan Randu Gunting, disarankan nantinya diambilkan dari Pamotan dengan proses crushing terlebih dahulu.

Persyaratan dasar seperti specific gravity yang besar, non kohesi dan partikel lolos ayakan No. 200 tidak lebih dari 5 %, dinilai telah memenuhi, sedangkan penyesuaian terhadap gradasi yang dilindungi sehingga kurvanya relative paralel perlu proses dan material tambahan, sehingga memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$1.F_{15} / B_{15} > 5.$$

$$2.F_{15} / B_{85} < 5.$$

dimana:

F₁₅ : ukuran butir bahan filter yang terletak pada garis 15 % pada kurva gradasi

B₁₅ : ukuran butir zona yang dilindungi terletak pada garis 15 % kurva gradasi

B₈₅ : ukuran butir zona yang dilindungi terletak pada garis 85 % kurva gradasi

Untuk parameter material filter halus diambil besaran – besaran sebagai berikut:

SUMMARY OF FILTER MATERIAL BENDUNGAN RANDU GUNTING						
PROJECT : Bendungan Randu Gunting			DATE : September 2015		Tested by : Lab.	
Location			Sand Gravel Dam Site			
Sample No.			SGT - 1	SGT - 2	SGT - 3	SGT - 4
Natural water content W_n (%)			4.46	4.51	5.05	3.68
Specific gravity of soil G_s			2.694	2.701	2.699	2.697
Relative Density	Minimum Dry Density γ_d (g/cm ³)		1.679	1.683	1.681	1.684
	Maximum Dry Density γ_d (g/cm ³)		1.828	1.835	1.837	1.828
	Dry Density (Dd= 80 % γ_d (g/cm ³)		1.795	1.802	1.804	1.797
Wet density γ_t (g/cm ³)			1.875	1.883	1.895	1.863
Saturated density γ_{sat} (g/cm ³)			2.129	2.135	2.136	2.131
Submerged density γ_{sub} (g/cm ³)			1.129	1.135	1.136	1.131
Void ratio e			0.501	0.499	0.496	0.501
Permeability (cm/sec)			1.02E-03	8.28E-04	7.22E-04	7.49E-04

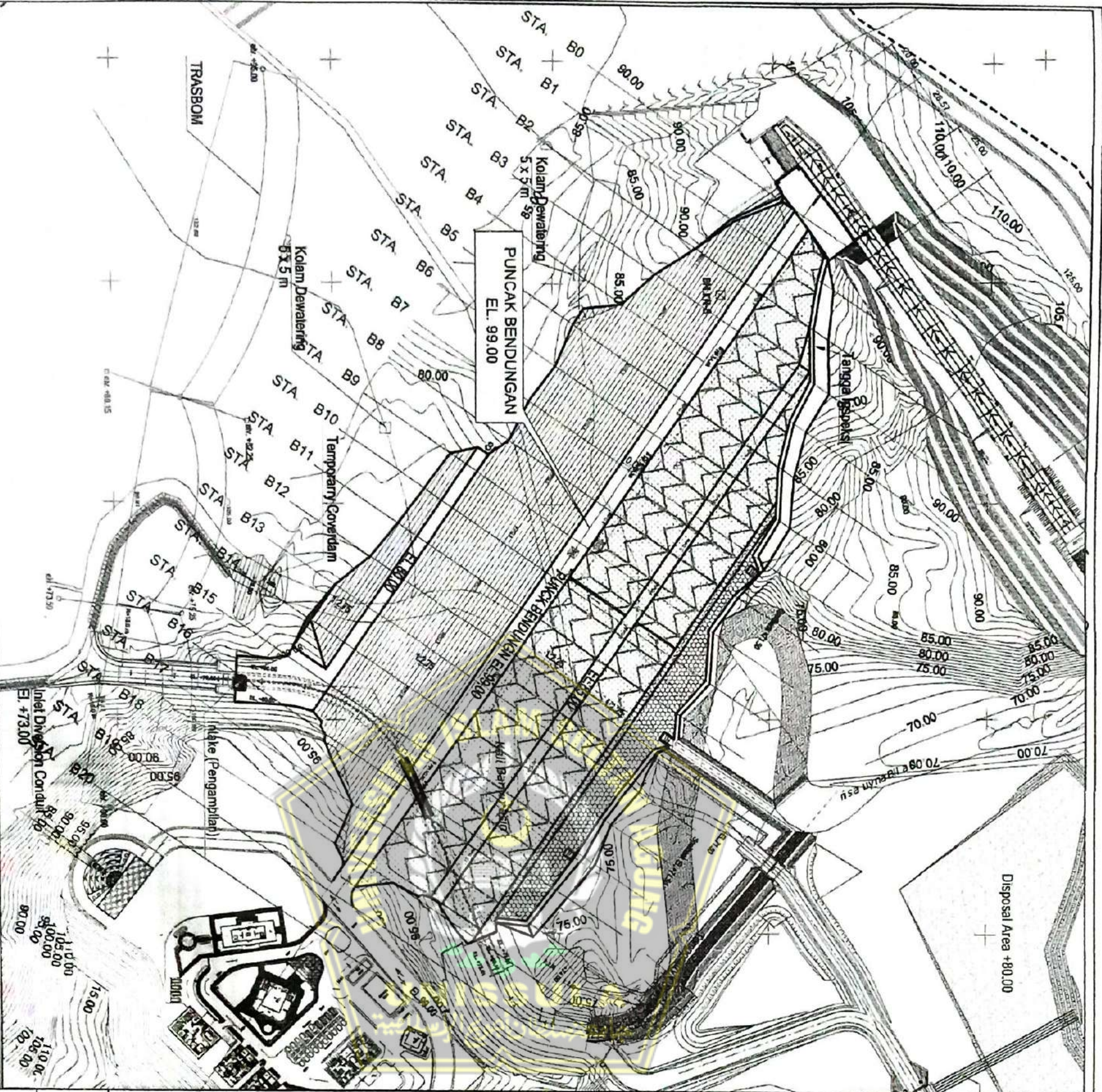
5.5.3. Material Batu (Rock)

Material batu untuk timbunan batu disarankan didatangkan dari luar areal proyek di Pamotan yang berjarak kurang lebih 80 km dimana disana quarryny tersusun dari batuan Andesit cukup keras sehingga sangat baik dipakai untuk timbunan batu dan Rip-Rap

Berdasarkan Panduan Perencanaan Bendungan Urugan (1999), maka batuan dengan kondisi tersebut diatas dapat dipergunakan untuk material timbunan batu maupun rip-rap dan diperkirakan mempunyai angka internal friction angle sekitar 38°.

Summary material timbunan batu / Rip – Rap sebagai berikut:

SUMMARY OF ROCK MATERIAL							
LOCATION : BENDUNGAN RANDU GUNTING				DATE : December 2015		Tested by : Lab	
Location				Dam Site	Dam Site	Quarry Sebudi	Remarks
Sample No.				RT - 1 (2015)	RT - 2 (2015)	RT - 3 (2015)	
Abrasion (%)				29.29	27.38	20.18	
Water Content WC (%)				3.37	2.96	2.69	
Compressive Strength kg/cm ²				278.38	317.43	392.31	
Specific Gravity	Bulk	Dry Basis		2.518	2.536	2.558	
		S S D C		2.582	2.596	2.613	
	Apparent			2.688	2.697	2.705	
	Absorption			2.21	2.35	2.11	
Relative Density		Minimum Dry Density γ_d (g/cm ³)	1.679	1.681	1.688		
		Maximum Dry Density γ_d (g/cm ³)	1.853	1.868	1.876		
		Dry Density (Dd= 80 %) γ_d (g/cm ³)	1.815	1.827	1.835		
Wet density γ_t (g/cm ³)			1.876	1.881	1.884		
Saturated density γ_{sat} (g/cm ³)			2.140	2.150	2.157		
Submerged density γ_{sub} (g/cm ³)			1.140	1.150	1.157		
Void ratio e			0.481	0.476	0.474		
Permeability (cm/sec)			7.71E-01	6.93E-01	8.17E-01		
Cohesion C' (kg/cm ²)			0.043		0.053		
Angle of Internal Friction		ϕ	Decimal	38.132			40.365
			Degree	38° 08'			40° 22'
Coefficient of Friction tan ϕ			0.785		0.850		



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. 1 TANGGAL 23/6/2020

No	Uraian	Uraian	Uraian	Uraian	Uraian
1	14/2/20	Revisi garis dasar sungai berdasarkan KIR & KIRK (Mandiri)			
2	30/6/19	Pengembangan zona 2 ke arah desain yaitu zona 2, Riser intake			
3	30/5/19	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu intake dan koror			

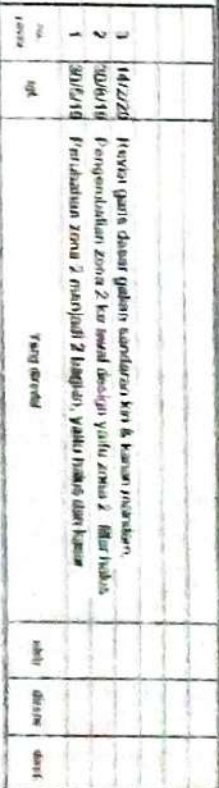
LEGENDA	
	Kontur
	Desa
	Sungai
	Jalan
	Jembatan
	Gorong Gorong
	Aliran Air
	Sawah
	Tegalan
	Masjid dan Gereja
	Kuburan
	Jalur Pengukuran
	Bench Mark/BM
	Control Point/CP

KETERANGAN:
- Referensi Kontur Horizontal (berdasarkan X dan Y) mengacu pada BM Nontoni
- Titik Kontrol Geodetik N.0313 BAKOSURTIALM (B6) yang ukurannya dengan
- pengukuran GPS Geodetic ke titik BM N.0. K.0 (2015) dan BM N.0.1 (2017)
- Referensi Kontur Vertikal (ketinggian 2) mengacu dari titik elevasi tersebut yaitu BM N.0.0 K.0 (2015)
- Elevasi Mata Air Normal (MAN) 34.27 meter
- Elevasi Mata Air Banjir (MAB) 36.50 meter

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING WIKI - ANDISAMONI K
D O K U M E N T A S I
TANGGAL: 09/04/2020

Skala 0 20 40 60 80 100 m

 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA SNIPT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BWS PEMALI - JUANA Alamat: Jl. Raya 375, Telp. 08472221219, Fax. 08472223333		SHOP DRAWING Nomor: JAWA TENGAH Kota: BORA Uraian: BENDUNGAN RANDUGUNTING Nama Proyek: PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING No. Gambar: B.001/2020/0001 No. Revisi: 1/2020/0001	
JUDUL GAMBAR: BENDUNGAN RANDUGUNTING BANGUNAN MAINDAM SITUASI TIMBUNAN MAINDAM (1/1)		Disetujui dan ditandatangani oleh: Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali - Juana (Stempel dan Tanda Tangan) Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali - Juana (Stempel dan Tanda Tangan) Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali - Juana (Stempel dan Tanda Tangan)	



KETERANGAN:

- = Referensi Kontrol Horizontal (bandwidth X dan Y) menggunakan Data Nasional
- = Titik Kontrol Geodesik RI.0313 BAKUSURABAYA (titik) yang diberikan sebagai
- = penempatan titik geodesik ini titik BM IG.0 (2012) dan BM IG.01 (2017)
- = Referensi Kontrol Vertikal menggunakan titik BM IG.01 (2017)
- = Elevasi Maks. Air Normal (MAN) 04,37 meter
- = Elevasi Maks. Air Banjir (MAB) 04,37 meter

WILKA-ANDERSON'S

SHOP DRAWING
PROJEKSI
JAWA TENGAH
UJIAN PROJEKSI
PENINGKATAN BENDUKAN
RAJASUDUTING
KOTA
BLORA
KEF. GURUBA

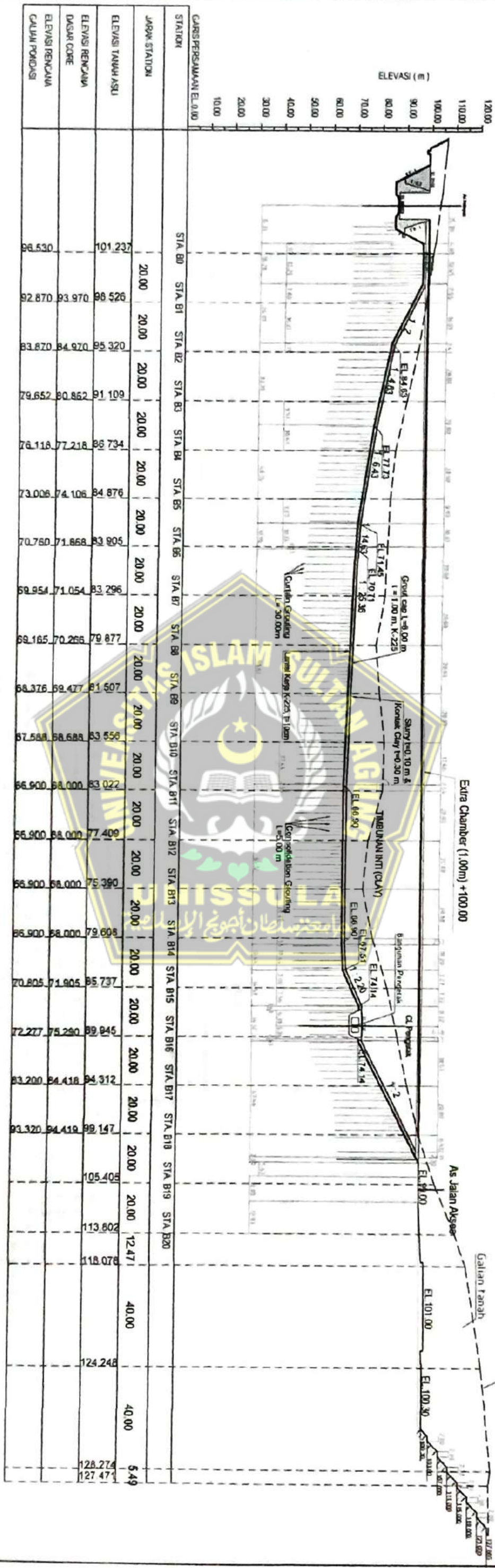
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION	
WASHINGTON, D.C.	
RADIOCLINTIC	
TO :	BUREAU
FROM :	ALBANY
SUBJECT:	

BENDUNGAN BANGUNAN SITUASI TIMBUN

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION	
WASHINGTON, D.C.	
RADIOCLINTIC	
TO :	BUREAU
FROM :	ALBANY
SUBJECT:	



DENAH INTICORE
SKALA 1 : B



POTONGAN MEMANJANG MAINDAM
SKALA B

KETERANGAN :

- ZONA 1 : CORE / INTI
- ZONA 2 : FILTER HALUS
- ZONA 3 : TIMBUNAN RANDOM
- ZONA 4 : RIPRAP
- ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
- ZONA 6 : ROCKTOE

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
D O K U M E N T A S I
TANGGAL : 09/04/2020



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. :
TANGGAL :



No	Revisi	Uraian	Yang direvisi	Uraian	Yang direvisi
1	09/04/19	Perubahan zona 2 ke desain yang ada	1	09/04/19	Perubahan zona 2 ke desain yang ada
2	09/04/19	Perubahan zona 2 ke desain yang ada	1	09/04/19	Perubahan zona 2 ke desain yang ada

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
SARANA DAN PRASARANA BENDUNGAN
SARANA DAN PRASARANA BENDUNGAN
SARANA DAN PRASARANA BENDUNGAN
SARANA DAN PRASARANA BENDUNGAN

BENDUNGAN RANDUGUNTING
POTONGAN MEMANJANG MAINDAM (1/1)

JUDUL GAMBAR :

Disetujui oleh:	Disetujui oleh:	Disetujui oleh:	Disetujui oleh:

SHOP DRAWING	
PROJEKSI	JAWA TENGAH
KOTA	BIKOA
NO. GAMBAR	BENDUNGAN RANDUGUNTING
NO. LEMBAR	NO. KONTAK

120.00



EXPLANATION

[illegible]

7120046-6



PERIODICITY HANDOUTING
D O X U M E A B C I
ENCLOSURE 09/01/2010



Incident Date	Age	Gender
1/1/2010	18	Male
2/1/2010	22	Female
3/1/2010	25	Male
4/1/2010	28	Female
5/1/2010	30	Male
6/1/2010	32	Female
7/1/2010	35	Male
8/1/2010	38	Female
9/1/2010	40	Male
10/1/2010	42	Female
11/1/2010	45	Male
12/1/2010	48	Female
1/1/2011	50	Male
2/1/2011	52	Female
3/1/2011	55	Male
4/1/2011	58	Female
5/1/2011	60	Male
6/1/2011	62	Female
7/1/2011	65	Male
8/1/2011	68	Female
9/1/2011	70	Male
10/1/2011	72	Female
11/1/2011	75	Male
12/1/2011	78	Female
1/1/2012	80	Male
2/1/2012	82	Female
3/1/2012	85	Male
4/1/2012	88	Female
5/1/2012	90	Male
6/1/2012	92	Female
7/1/2012	95	Male
8/1/2012	98	Female
9/1/2012	100	Male
10/1/2012	102	Female
11/1/2012	105	Male
12/1/2012	108	Female
1/1/2013	110	Male
2/1/2013	112	Female
3/1/2013	115	Male
4/1/2013	118	Female
5/1/2013	120	Male
6/1/2013	122	Female
7/1/2013	125	Male
8/1/2013	128	Female
9/1/2013	130	Male
10/1/2013	132	Female
11/1/2013	135	Male
12/1/2013	138	Female
1/1/2014	140	Male
2/1/2014	142	Female
3/1/2014	145	Male
4/1/2014	148	Female
5/1/2014	150	Male
6/1/2014	152	Female
7/1/2014	155	Male
8/1/2014	158	Female
9/1/2014	160	Male
10/1/2014	162	Female
11/1/2014	165	Male
12/1/2014	168	Female
1/1/2015	170	Male
2/1/2015	172	Female
3/1/2015	175	Male
4/1/2015	178	Female
5/1/2015	180	Male
6/1/2015	182	Female
7/1/2015	185	Male
8/1/2015	188	Female
9/1/2015	190	Male
10/1/2015	192	Female
11/1/2015	195	Male
12/1/2015	198	Female
1/1/2016	200	Male
2/1/2016	202	Female
3/1/2016	205	Male
4/1/2016	208	Female
5/1/2016	210	Male
6/1/2016	212	Female
7/1/2016	215	Male
8/1/2016	218	Female
9/1/2016	220	Male
10/1/2016	222	Female
11/1/2016	225	Male
12/1/2016	228	Female
1/1/2017	230	Male
2/1/2017	232	Female
3/1/2017	235	Male
4/1/2017	238	Female
5/1/2017	240	Male
6/1/2017	242	Female
7/1/2017	245	Male
8/1/2017	248	Female
9/1/2017	250	Male
10/1/2017	252	Female
11/1/2017	255	Male
12/1/2017	258	Female
1/1/2018	260	Male
2/1/2018	262	Female
3/1/2018	265	Male
4/1/2018	268	Female
5/1/2018	270	Male
6/1/2018	272	Female
7/1/2018	275	Male
8/1/2018	278	Female
9/1/2018	280	Male
10/1/2018	282	Female
11/1/2018	285	Male
12/1/2018	288	Female
1/1/2019	290	Male
2/1/2019	292	Female



POTONGAN MELINTANG MAJLIS STA. B0 (1/1/19)

Author	Year	Journal	Volume	Page
...	...	...	...	...

Thermal	no. 42007784
---------	--------------

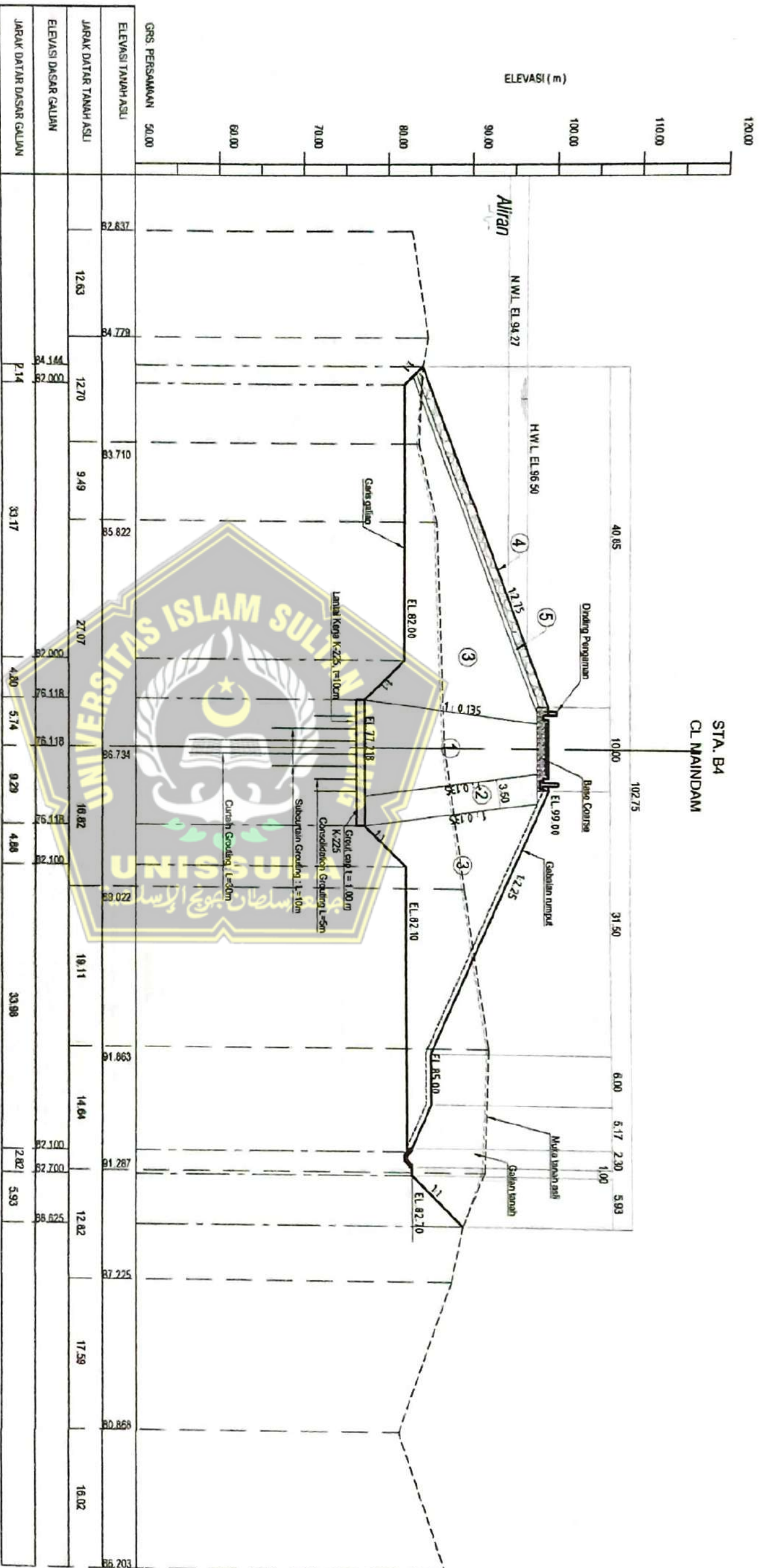
1

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

100

1

10



KETERANGAN:

ZONA 1 : CORE/INTI
ZONA 2 : FILTER HALUS
ZONA 3 : TIMBUNAN RANDOM
ZONA 4 : RIPRAP
ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
ZONA 6 : ROCKTOE

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKEN
NO TANGGAL



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
D O K U M E N T A S I
TANGGAL 09 Jan 2020

SKALA A
0 1 2 3 4 5
0 5 10 15 20 25

SKALA B
0 1 2 3 4 5
0 5 10 15 20 25

1	02/20	Revisi awal sebelum terdapat perubahan dan hasil pemeriksaan			
2	02/20	Revisi peninjauan teknis elevasi dasar galian maindam &			
3	14/20	Revisi detail sebelum terdapat perubahan struktur & L.C			
4	02/20	Revisi detail sebelum terdapat perubahan struktur & L.C			
5	02/20	Revisi detail sebelum terdapat perubahan struktur & L.C			

**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BOWS PEMALI - JUANA
Alamat : Jl. Brigjen S. Satrio 375 Telp. 0271/2221212 Fax 0271/2221212 Semarang**

**BENDUNGAN RANDUGUNTING
BANGUNAN MAINDAM
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B4 (5/19)**

Disetujui oleh:	Disetujui oleh:	Disetujui oleh:	Disetujui oleh:
Jabatan: Kepala Direktorat Jenderal Sumber Daya Air	Jabatan: Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali - Juana	Jabatan: Kepala Balai Wilayah Sungai Pemali - Juana	Jabatan: Kepala Balai Wilayah Sungai Pemali - Juana
Tanggal: 09 Jan 2020	Tanggal: 09 Jan 2020	Tanggal: 09 Jan 2020	Tanggal: 09 Jan 2020

WILHA - ANDI SION TESO



**SHOP DRAWING
JAWA TENGAH
PEMBANGUNAN BENDUNGAN
RANDUGUNTING**

KOTA: SURABAYA	KOTA: SURABAYA	KOTA: SURABAYA	KOTA: SURABAYA
KETERANGAN: 1. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 1. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 1. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 1. RUMAH KUNYU
KETERANGAN: 2. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 2. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 2. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 2. RUMAH KUNYU
KETERANGAN: 3. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 3. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 3. RUMAH KUNYU	KETERANGAN: 3. RUMAH KUNYU

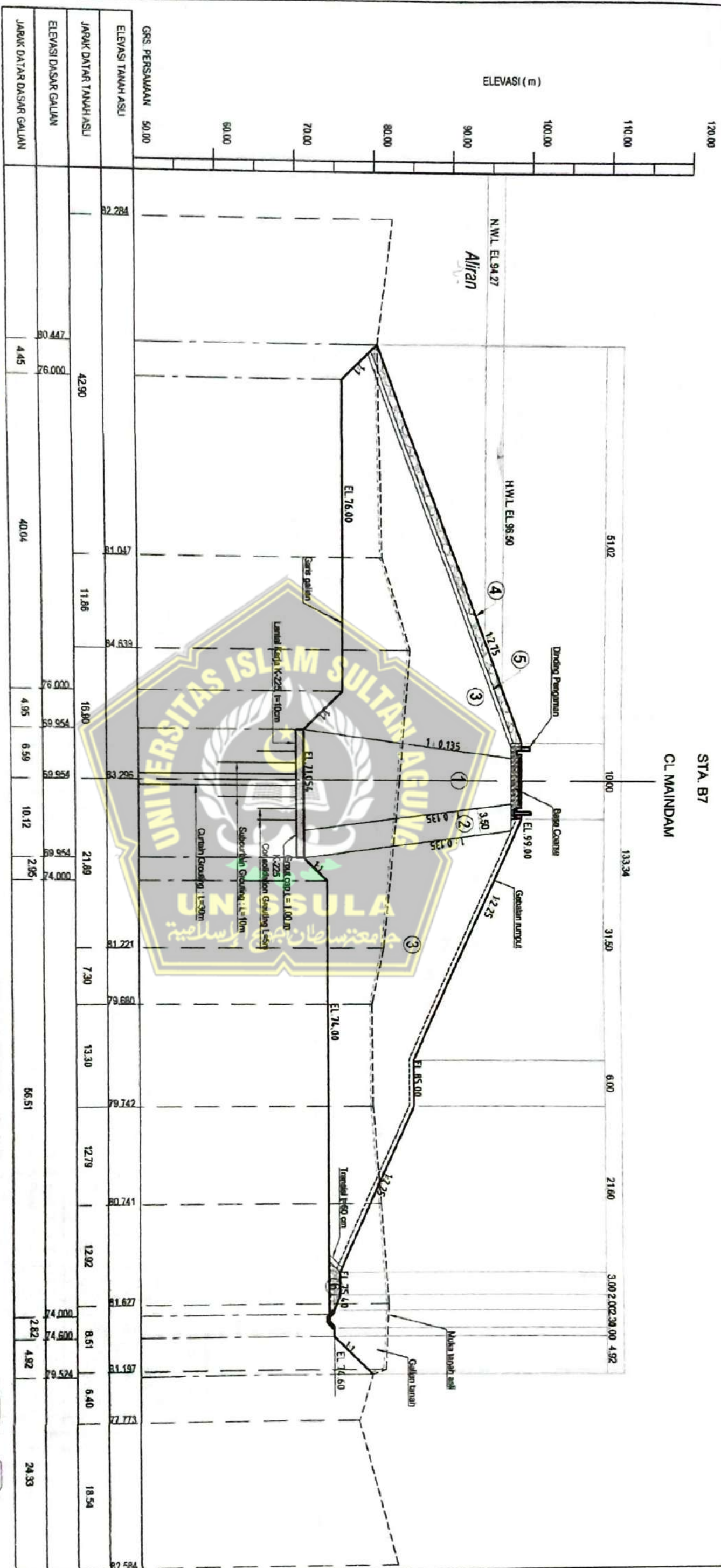
[illegible]

WIKI-ADDITION 1550

No	tgl	Yang diundang	dan	diangkat	diangkat
5	9/1/20	Revisi detail estirum tepi mandam dihapus dan buai disebarkan tersendiri			
4	02/2/20	Revisi penambahan notasi elevasi dasar galan mandam & detail estirum tepi			
3	14/2/20	Revisi dasar galan mandam, penambahan anjur & LC			
2	30/4/19	Pengembangan zona 2 ke awal desain yaitu zona 2. Merubah			
1	30/5/19	Pembuatan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu halus dan kasar			

~~ENCLOSURE NO. 17
MAY 1971~~

STA. B7
CL MAINDAM



- KETERANGAN:**
- ZONA 1 : CORE / INTI
 - ZONA 2 : FILTER HALUS
 - ZONA 3 : TAMBURAN RANDOM
 - ZONA 4 : RIPRAP
 - ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
 - ZONA 6 : ROCKTIDE



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENA
NO. TANGGAL

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
DOKUMEN A 5.1.1
TANGGAL : 05 (04/10/2020)

SKALA A : 1 : 1000
SKALA B : 1 : 2000

No.	Revisi	Yang direvisi	Revisi
1	01/20	Revisi detail saluran topi	
2	02/20	Revisi detail saluran topi	
3	03/20	Revisi detail saluran topi	
4	04/20	Revisi detail saluran topi	
5	05/20	Revisi detail saluran topi	

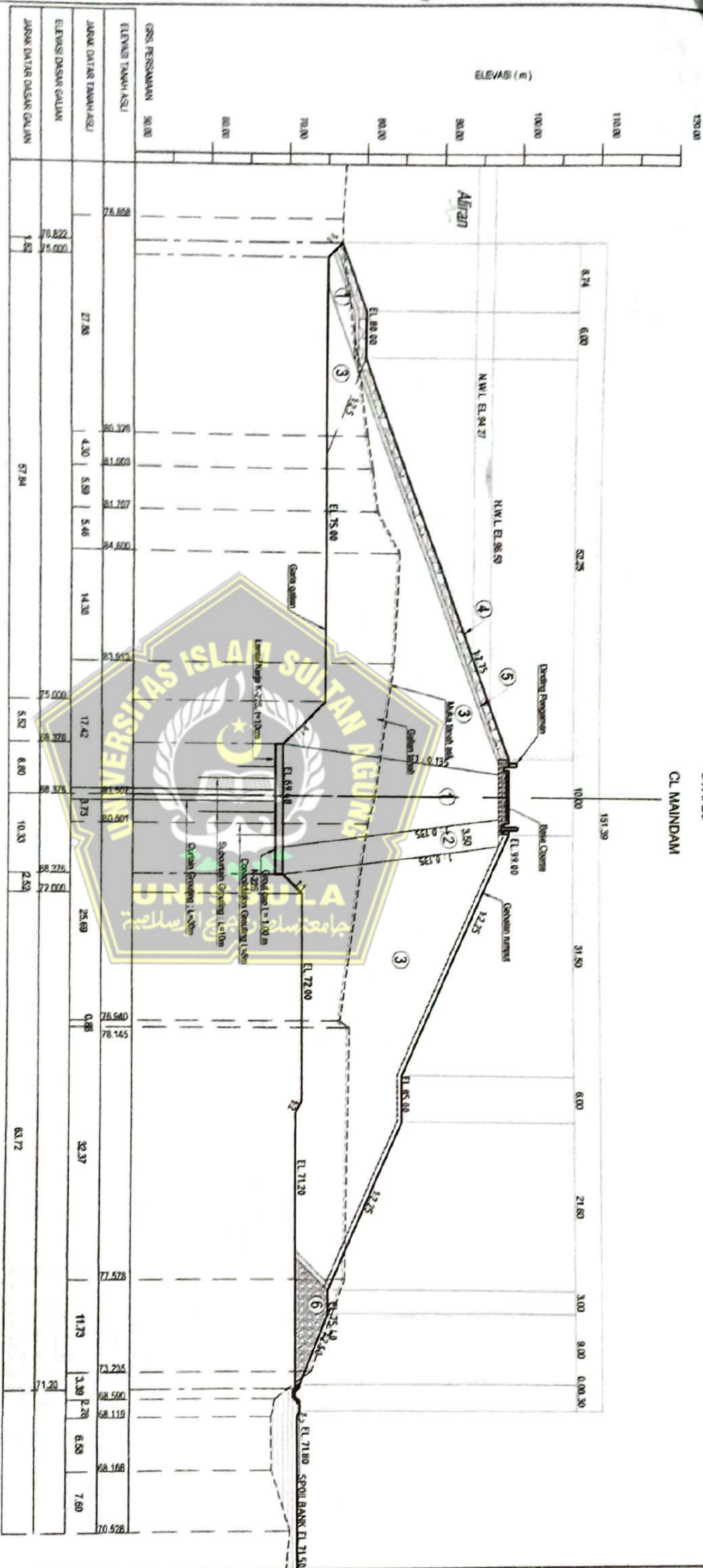
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SINGKAPURA PEMALI - JAWA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BAWAS PEMALI - JAWA
ALAMAT : J. BENDUNGAN BENDUNGAN 315 (05/02/2020) 743 004 001 722339 BENDUNGAN

BENDUNGAN RANDUGUNTING
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B7 (8/19)

Disetujui dan Ditandatangani	Diketahui dan Ditandatangani	Diketahui dan Ditandatangani	Diketahui dan Ditandatangani	Diketahui dan Ditandatangani	Diketahui dan Ditandatangani

PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
NO. KONTAK : 01084
NO. KONTAK : 01084
NO. KONTAK : 01084
NO. KONTAK : 01084
NO. KONTAK : 01084
NO. KONTAK : 01084

STA. B9
CL MAINDAM



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL

- ETERANGAN:**
- ZONA 1 : CORE / INTI
 - ZONA 2 : FILTER HALUS
 - ZONA 3 : TIRERANAN RANDOM
 - ZONA 4 : RPPGAP
 - ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
 - ZONA 6 : ROCKTCE



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
D O K U M E N T A S I
TANGGAL : 09/01/2018



NO	Uraian	Unit	dim	dim	dim
1	Revisi detail saluran tepi mantap dengan dan buai dengan hamparan				
2	Revisi detail saluran tepi mantap dengan dan buai dengan hamparan				
3	Revisi detail saluran tepi mantap dengan dan buai dengan hamparan				
4	Revisi detail saluran tepi mantap dengan dan buai dengan hamparan				
5	Revisi detail saluran tepi mantap dengan dan buai dengan hamparan				

POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B9
SKALA B

WITA - ANDERSON TISO

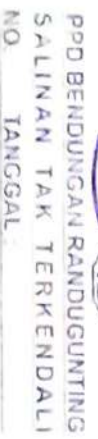


KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SARIT PERBANGUNAN BENDUNGAN BWS PEMALI - JUANA
Alamat : Gedung 5 Gedung 578 Jln. Perintis Kemerdekaan 12345 Bandung

BENDUNGAN RANDUGUNTING
BANGUNAN MAINDAM
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B9 (10/19)

Disetujui oleh:	Disetujui oleh:	Disetujui oleh:	Disetujui oleh:
WITA	WITA	WITA	WITA

CL MAINDAM



POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. 810

SKALA B

ZONA 1	CORE / INTI
ZONA 2	FILTER HALUS
ZONA 3	TRANSISIAN RANDOM
ZONA 4	PIRPAP
ZONA 5	TRANSISI FILTER KASAR
ZONA 6	ROCKTIDE

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
DOKUMEN ASIL
JANGGAL 09/09/2008




WIKI - AIDS

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI JUANA
SINAT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BRWS PEMALI JUANA
Alamat: J. Birjeng, 8 Boulevard 378, Telp. (074) 702121, Fax (074) 232739 Samarang

BENDUNGAN RANDUGUTTING
RANCINGAN RANDUGUTTING

BANGUNAN MAINDAM
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B10 (11/19)

☐	☐	☐
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

PERSONAL DATA	WORKING LIFE SUMMARY	PERSONALITY TRAITS	PRESENT POSITION/WORK TASKS
NAME: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
DATE: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
AGE: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
SEX: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
EDUCATION: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
EXPERIENCE: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
SKILLS: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
INTERESTS: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
ACHIEVEMENTS: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
CHALLENGES: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
GOALS: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
COMMENTS: [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

PIÙ VISIONE, PIÙ POTERE.
PIÙ RISORSE, PIÙ PRESSIONE.

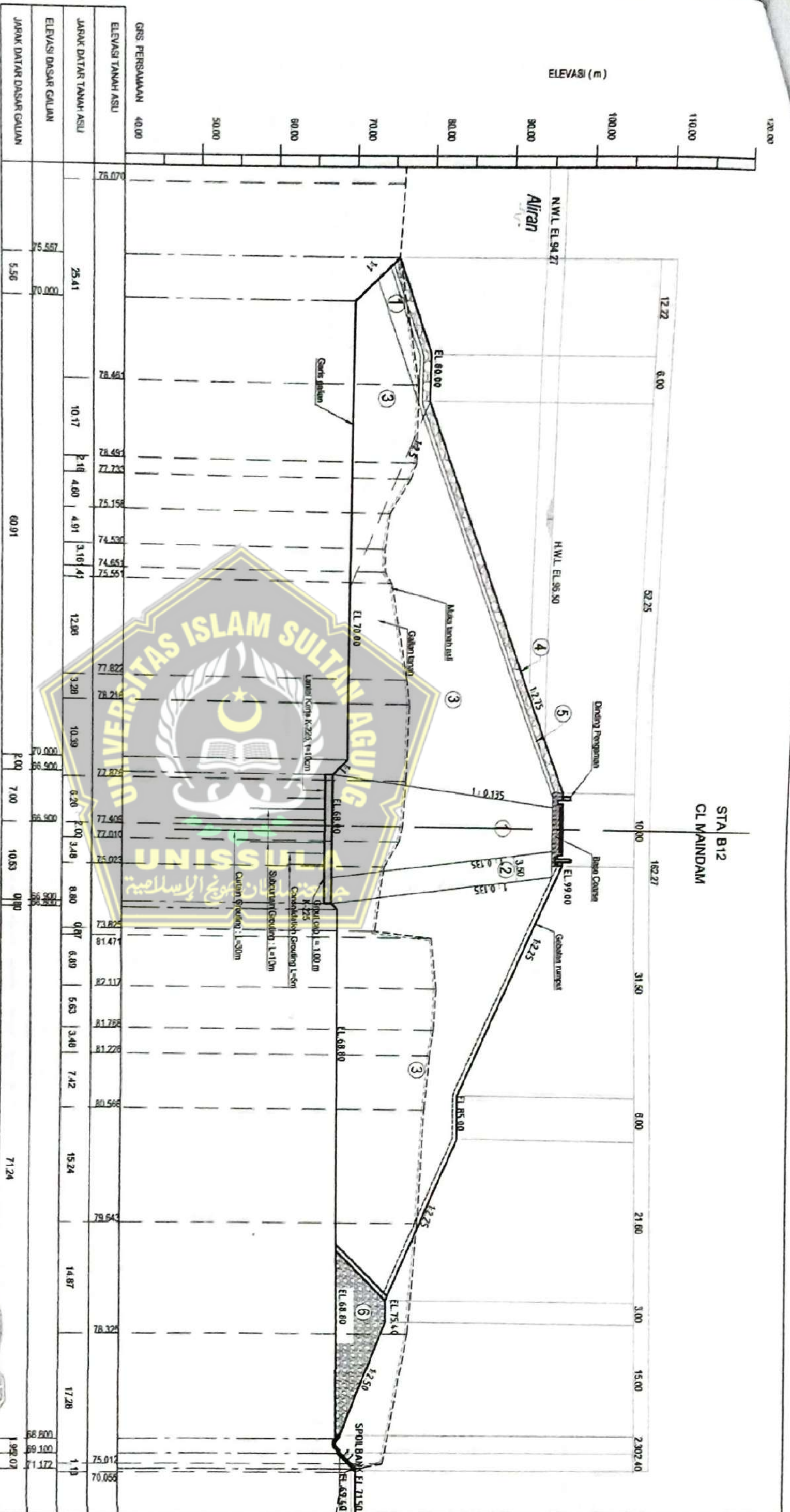
平

三

[illegible][illegible]

1

100



KETERANGAN:

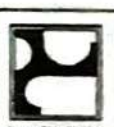
- ZONA 1 : CORE / INTI
- ZONA 2 : FILTER HALUS
- ZONA 3 : TAMBUHAN RANDOM
- ZONA 4 : RUPRAP
- ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
- ZONA 6 : ROCKTOE

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL:

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
DOKUMEN A S L I
TANGGAL: 09 / 04 / 2010



POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B12
SKALA B

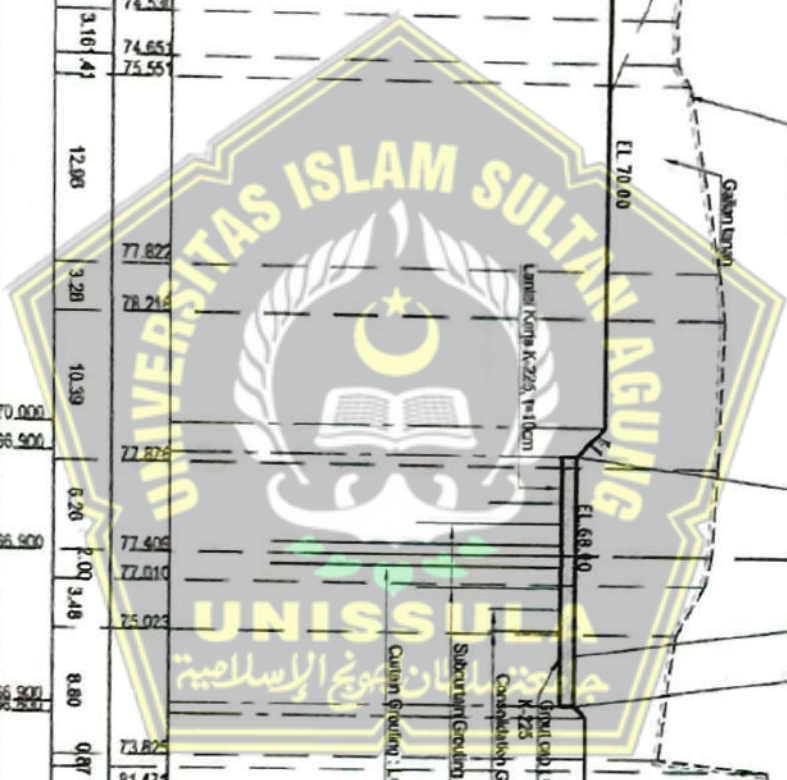


KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANDA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANDA
Alamat : Biringin 3 Surabaya 61154 Telp. 031-7231234 Fax 031-7231235

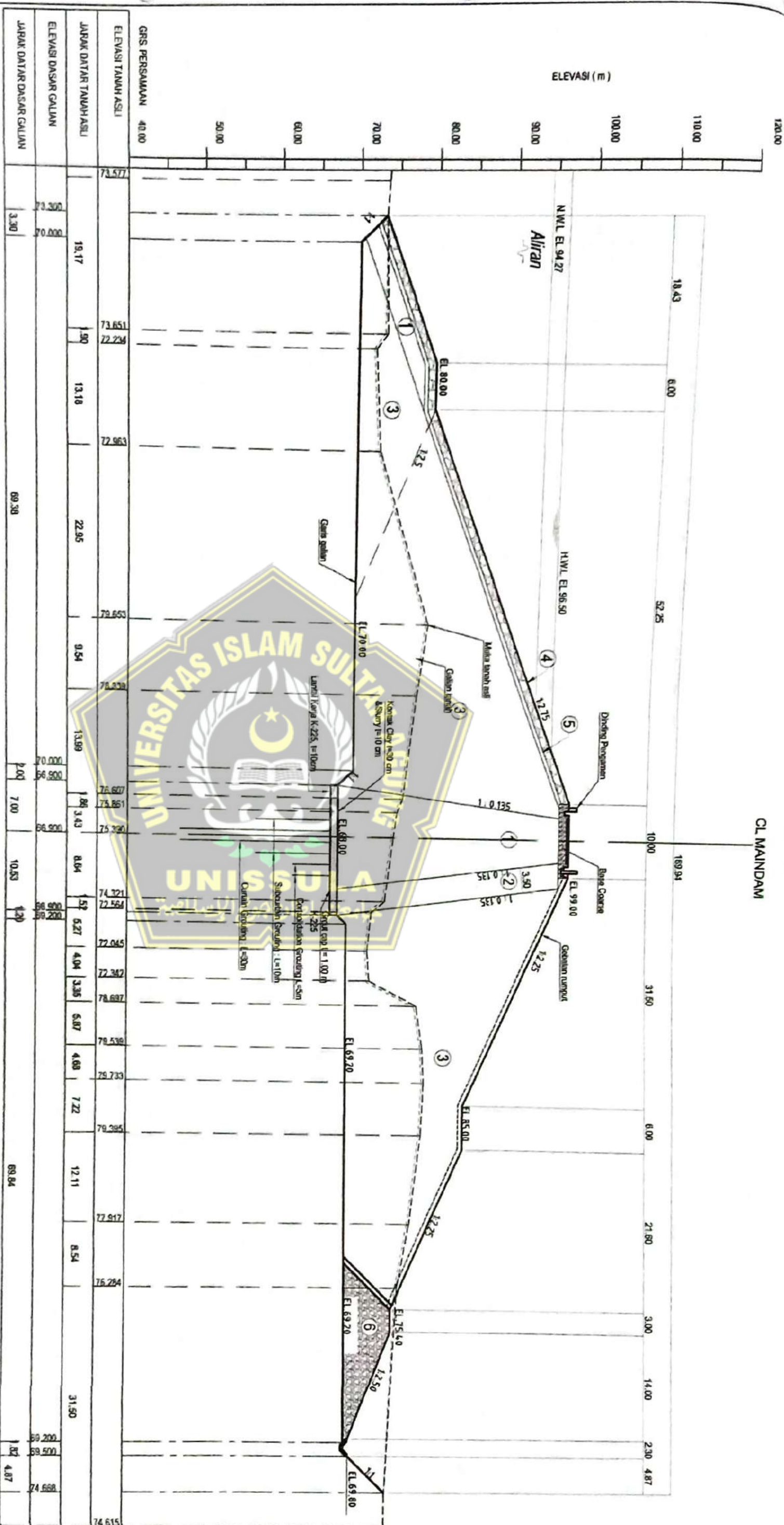
JUDUL GAMBAR: BENDUNGAN RANDUGUNTING
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B12 (13/19)

Dibuat oleh: [Signature]
Disetujui oleh: [Signature]
Diketahui oleh: [Signature]

SHOP DRAWING
JAWA TENGAH
PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
KOTA: BLOKA
KIR: GABUNG
NO. GAMBAR: BENDUNGAN RANDUGUNTING
NO. LEMBAR: 1
TANGGAL: 09/04/2010



STA. B13
CL MAINDAM



KETERANGAN:

- ZONA 1 : CORE / INTI
- ZONA 2 : FILTER HALUS
- ZONA 3 : TIMBUHAN RANDOM
- ZONA 4 : RIPRAP
- ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
- ZONA 6 : ROCKTIDE

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
DOKUMEN A S L I
TANGGAL: 09/04/2010



POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B13
SKALA B

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
BANGUNAN RANDUGUNTING BENDUNGAN BOWS PEMALI - JUANA
Alamat: Jl. Raya 3, Desa 315, Telp. 0281-73717, Fax 0281-73717

BENDUNGAN RANDUGUNTING
BANGUNAN RANDUGUNTING
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B13 (14/19)

Disetujui oleh:
Disetujui oleh:
Disetujui oleh:

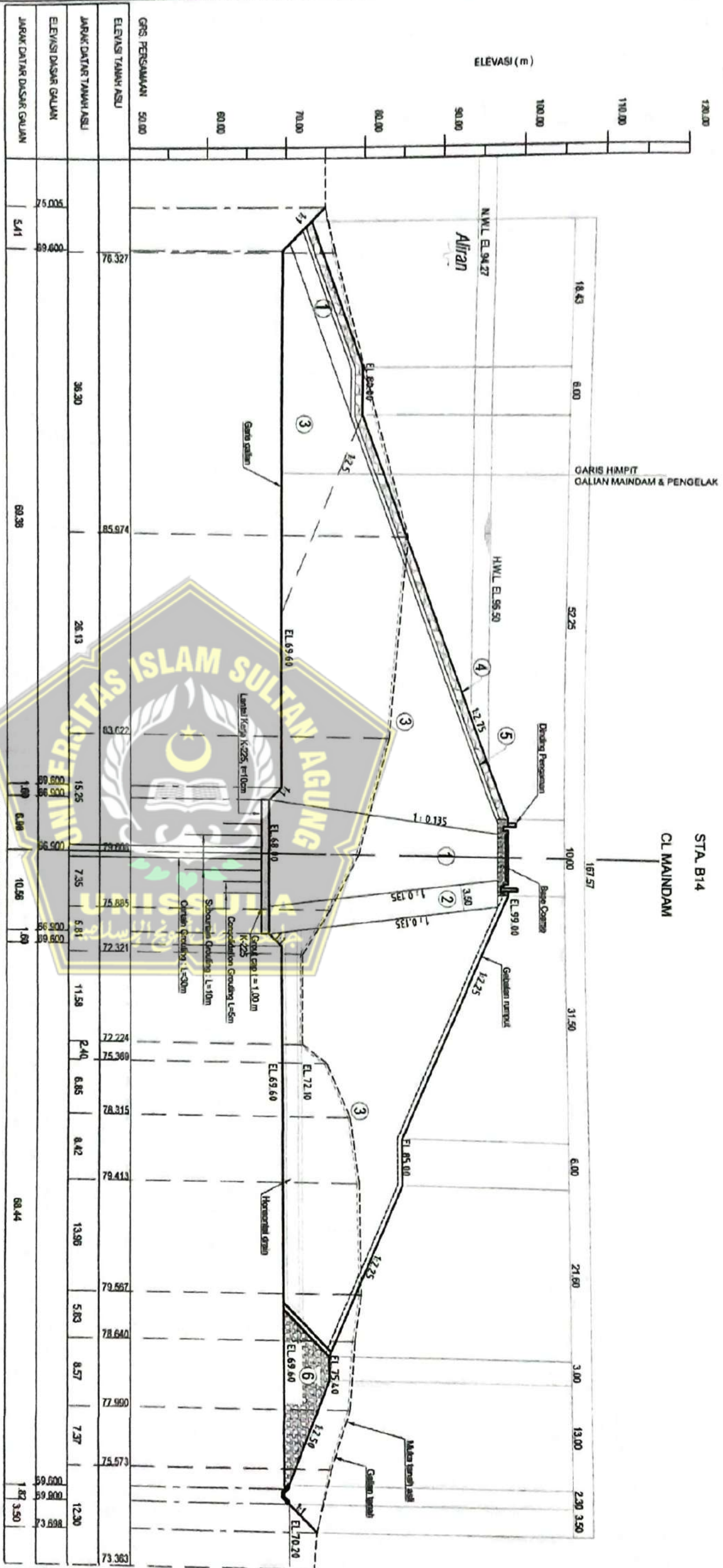
Disetujui oleh:
Disetujui oleh:
Disetujui oleh:

PROJEKSI
JAWA TENGAH
PENAKSIK BENDUNGAN RANDUGUNTING

PROJEKSI
JAWA TENGAH
PENAKSIK BENDUNGAN RANDUGUNTING

PROJEKSI
JAWA TENGAH
PENAKSIK BENDUNGAN RANDUGUNTING

PROJEKSI
JAWA TENGAH
PENAKSIK BENDUNGAN RANDUGUNTING



- KETERANGAN:
- ZONA 1 : CORE / INTI
 - ZONA 2 : FILTER HALUS
 - ZONA 3 : TIMBUHAN RANDOM
 - ZONA 4 : RUPRAP
 - ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
 - ZONA 6 : ROCKTIE



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
DOKUMEN A S L I
TANGGAL 09/04/2020



No.	Revisi	Uraian	Tgl.
1	1	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
2	2	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
3	3	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
4	4	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
5	5	Revisi detail saluran tepi	14/2/20



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SIVIT PEMBAKSIAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
ALAMAT : Jl. Raya B. Sudirman 375, Telp. 021-82472212, Faks. 021-82472229

BENDUNGAN RANDUGUNTING
BANGUNAN MAINDAM
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B14 (15/19)

No.	Revisi	Uraian	Tgl.
1	1	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
2	2	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
3	3	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
4	4	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
5	5	Revisi detail saluran tepi	14/2/20



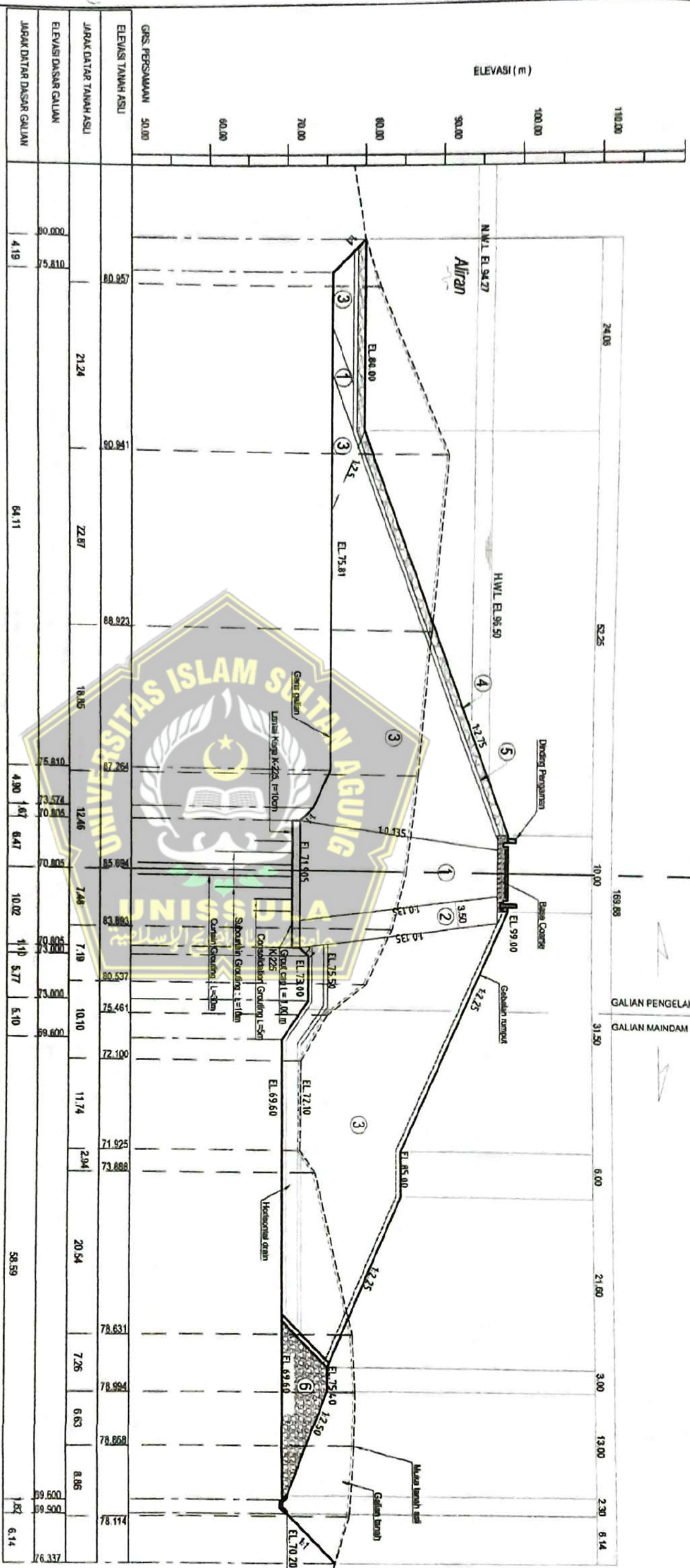
SHOP DRAWING
JAWA TENGAH

PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING

No.	Revisi	Uraian	Tgl.
1	1	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
2	2	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
3	3	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
4	4	Revisi detail saluran tepi	14/2/20
5	5	Revisi detail saluran tepi	14/2/20

STA B15
CL MAINDAM

GALIAN PENGELAK
GALIAN MAINDAM



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
G O K U M E N A S L I
TANGGAL 09/04/2020

SKALA A 0 1 2 3 4 5
SKALA B 0 5 10 15 20 25

No.	Revisi	Uraian	Uraian	Uraian
1	0005/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
2	0006/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
3	0007/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
4	0008/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
5	0009/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI-JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BOWS PEMALI-JUANA
Akses 1 & 2
Alamat: Jl. Brigjen S. Sudarto 375 76102-4673372 FAK 0266722233 BENDUNGAN

BENDUNGAN RANDUGUNTING
BANGUNAN MAINDAM
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B15 (16/19)

NO.	REVISI	Uraian	Uraian	Uraian
1	0005/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
2	0006/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
3	0007/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
4	0008/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		
5	0009/18	Perubahan zona 2 menjadi 2 bagian, yaitu bagian dalam dan luar		

WTA-ANDESMONTESO



SHOP DRAWING
JAWA TENGAH

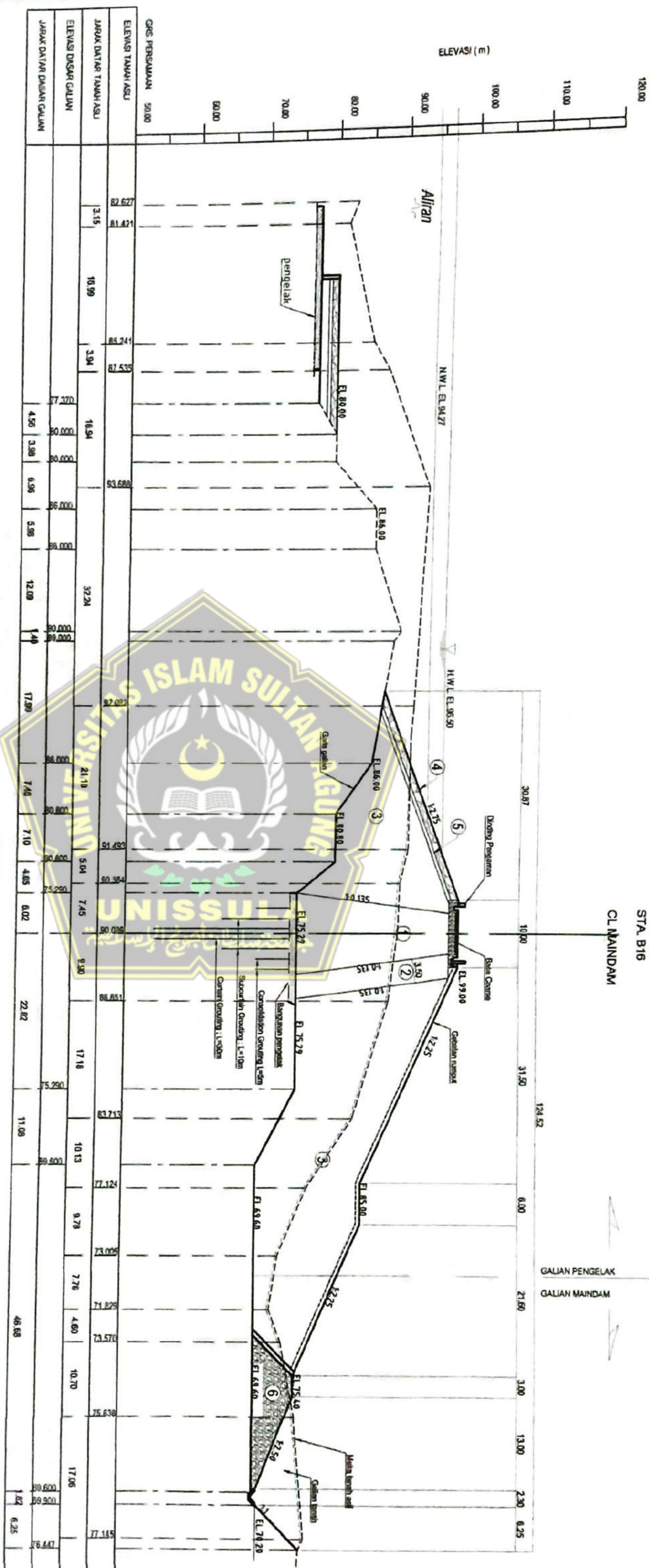
PEMBANGUNAN BENDUNGAN
RANDUGUNTING

PEMBANGUNAN BENDUNGAN
RANDUGUNTING

PEMBANGUNAN BENDUNGAN
RANDUGUNTING

PEMBANGUNAN BENDUNGAN
RANDUGUNTING

PEMBANGUNAN BENDUNGAN
RANDUGUNTING



STA. B16
CL MAINDAM

GALIAN PENGELAK
GALIAN MAINDAM

POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B16
SKALA B

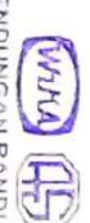
ELEVASI (m)	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00	110.00	120.00
ELEVASI TANAH ASLI	82.627	81.421	85.241	81.535	83.688	86.000	88.000	92.000
JARAK DATAR TANAH ASLI	3.15	10.99	3.94	16.94	32.24	12.09	14.0	17.90
ELEVASI DASAR GALIAN	45.00	3.98	6.96	5.98	12.09	14.0	17.90	7.40
JARAK DATAR DASAR GALIAN	4.50	3.98	6.96	5.98	12.09	14.0	17.90	7.40



SKALA A 0 5 10 15 20 25
SKALA B 0 5 10 15 20 25

- KETERANGAN:
- ZONA 1 : CORE / INTI
 - ZONA 2 : FILTER HALUS
 - ZONA 3 : TIMBUNAN RANDOM
 - ZONA 4 : RIPRAP
 - ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
 - ZONA 6 : ROCKTCE

PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
D U K U M E N A S L I
TANGGAL: 09/04/2010



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANA
Alamat: Jl. Brigjend. S. Sudarsono 375, Telp. (0241) 323212 Fax (0241) 323239 Semarang

JUDUL GAMBAR:
BENDUNGAN RANDUGUNTING
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B16 (17/19)

SKALA:
A 0 5 10 15 20 25
B 0 5 10 15 20 25

REVISI:

No	Uraian	Tgl
1	Revisi detail struktur beton	09/04/2010
2	Revisi penempatan detail struktur beton	09/04/2010
3	Revisi detail struktur beton	09/04/2010
4	Revisi detail struktur beton	09/04/2010

REVISI:

No	Uraian	Tgl
1	Revisi detail struktur beton	09/04/2010
2	Revisi penempatan detail struktur beton	09/04/2010
3	Revisi detail struktur beton	09/04/2010
4	Revisi detail struktur beton	09/04/2010

REVISI:

No	Uraian	Tgl
1	Revisi detail struktur beton	09/04/2010
2	Revisi penempatan detail struktur beton	09/04/2010
3	Revisi detail struktur beton	09/04/2010
4	Revisi detail struktur beton	09/04/2010

WKA - ANDESIA INKSO



SHOP DRAWING

JAWA TENGAH

PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING

NO. LOKASI

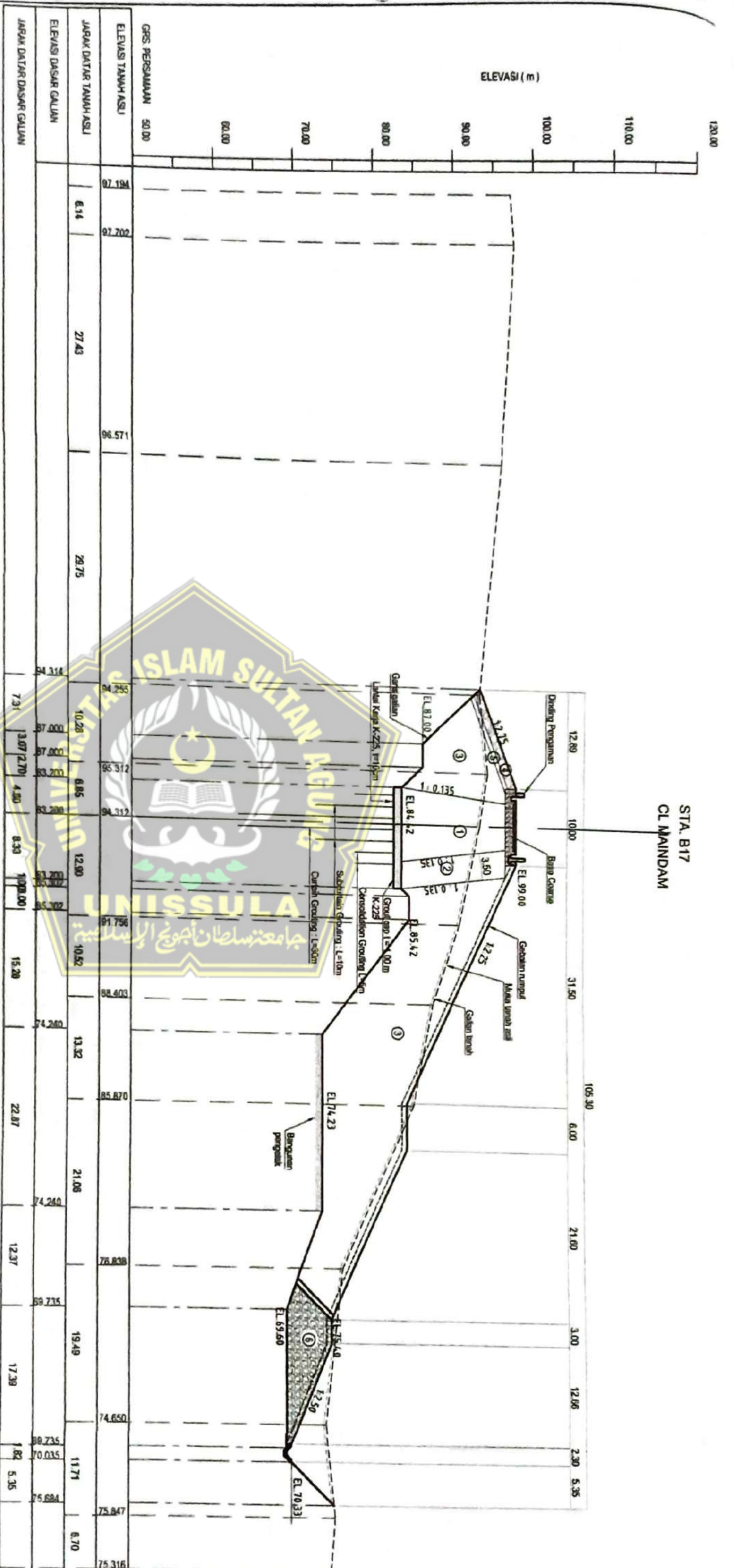
NO. GAMBAR

NO. FOTOKOP

NO. GAMBAR

NO. FOTOKOP

STA. B17
CL MAINDAM



POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B17
SKALA B

WHA - ANDRE MOONT NSO



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL



PPD BENDUNGAN RANDUGUNTING
SALINAN TAK TERKENDALI
NO. TANGGAL

- KETERANGAN:
- ZONA 1 : CORE / INTI
 - ZONA 2 : FILTER HALUS
 - ZONA 3 : TIMBUNAN RANDUM
 - ZONA 4 : RIPRAP
 - ZONA 5 : TRANSISI FILTER KASAR
 - ZONA 6 : ROCKTOE

SKALA A
SKALA B

No.	Uraian	Unit	Jumlah
1	Reklamasi tanah	m ³	10000
2	Reklamasi pasir	m ³	5000
3	Reklamasi kerikil	m ³	1000
4	Reklamasi batu	m ³	500
5	Reklamasi beton	m ³	100



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
RUMAH PEMANUNGAN BENDUNGAN BWS PEMALI - JUANA
ALIRAN 1300000 m³/detik

BENDUNGAN RANDUGUNTING
BANGUNAN MAINDAM
POTONGAN MELINTANG MAINDAM STA. B17 (18/19)

SHOP DRAWING
JAWA TENGAH
KOTA BLORA
NO. GAMBAR : BENDUNGAN RANDUGUNTING
NO. LEMBAR : 18/19

Disetujui oleh:
Disetujui oleh:
Disetujui oleh:

170100



ZONA 1	CORE / INTI
ZONA 2	FILTER HALUS
ZONA 3	TIMBUJAN RANDOM
ZONA 4	RIPRAP
ZONA 5	TRANSISI FILTER KASAR
ZONA 6	ROCKTOE



 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI JUANA SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BWS PEMALI JUANA Alamat : Biringin 8, Badingin 375, Irip, 60240, 23217 Fax: 02 68/272338 Semarang	SHOP DRAWING PEMBANGUNAN BENDUNGAN
JAWA TENGAH	JAWA TENGAH
JAWA BARAT	JAWA BARAT

RANDU GUNTING	
KOTA :	GLORA
REK. GAMBUT :	

NEW CHAIRS

MO. (Cont)

TABLE 1	PRO. NORTHAM
---------	--------------

FILE NUMBER 100-1000000000

--	--

BAB II

KESIMPULAN TRIAL EMBANKMENT

SUMMARY TRIAL EMBANKMENT BENDUNGAN RANDUGUNTING						
ZONE	BORROW AREA /STOCKPILE	DENSITY (%)	PERMEABILITY (CM/DET)	JUMLAH UNTASAN	TEBAL LAPISAN (CM)	ALAT PEMADAT
1	CLAY EX. MAINDAM	97,24	$4,592 \cdot 10^{-2}$	10	25	SHEEP FOOT ROLLER
1	CLAY A	98,15	$3,786 \cdot 10^{-4}$	8	25	SHEEP FOOT ROLLER
2	FILTER HALUS EX. PERANGI	84,7	$3,589 \cdot 10^{-3}$	6	50	VIBRO ROLLER
2	FILTER HALUS EX. PERANGI 2	80,8	$6,702 \cdot 10^{-3}$	4	50	VIBRO ROLLER
3	RANDOM R2	97,5	$3,39 \cdot 10^{-4}$	8	50	VIBRO ROLLER
5	FILTER TRANSISI	77,9	$1,96 \cdot 10^{-1}$	6	25	BABY ROLLER
5	FILTER HORIZONTAL DRAIN	75,3	$3,25 \cdot 10^{-1}$	4	50	VIBRO ROLLER

TABEL 2.5 KESIMPULAN TRIAL EMBANKMENT





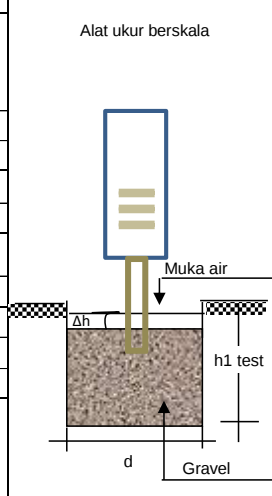
PT. WIJAYA KARYA - PT. ANDESMONT SAKTI KSO
PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANA
Alamat : Jl. Brigjen S. Sudiarto 375
Telp. (024) 6723212 Fax. (024) 6722239 Semarang

FIELD PERMEABILITY TEST

Tanggal Tes	5 September 2020	No. Contoh	2
Lokasi Tes	Main Cofferdam UpStream	Metode Tes	Constant head
Identitas Material	Material Zona I (Core)	Elevasi	78.40
Sumber Material	Stok Clay Ex. Main Dam	Blok/STA	E / B.14 - 15
		Koordinat	(528 730.516 : 9240 064.523)

No.	Deskripsi	Nilai Tes		Keterangan			
		1	2				
	No. Tes			No. Botol	C		
1	Kedalaman Lubang (h ₁)	cm	20,0	20,0	Kalibrasi Volume Botol		
2	Setengah Diameter (r)	cm	7,17	7,17	Per cm	56,00	cc
3	Volume Air (Q)	cc	33,60	22,40	Kedalaman Lubang (h ₁) (cm)		
4	Pembacaan Tinggi Awal Air (h ₀)	cm	6,80	6,20			
	Pembacaan Tinggi Akhir Air (h ₁)	cm	6,20	5,80			
	Tinggi dari Dasar Tanah Sampai Air (h _{test})	cm	19,0	19,0			
5	Waktu (t)	sec	900	900	20,0	21,0	19,0
6	Q/t	cc/sec	0,037	0,025	Rata - rata (cm)		20,00
7	2 * π * (h _{test}) ²		2268,2	2268,2	Tinggi Permukaan Tanah Sampai Air		
8	h / r		2,651	2,651	(Δh)	1,0	cm
9	√ (1 + (h/r) ²)		2,833	2,833	Tinggi dari Dasar Tanah Sampai Air		
10	(8) + (9)		5,485	5,485	(h)	19,0	cm
11	2.3 * Log (10)		1,700	1,700	Diameter Lubang (d) (cm)		
12	(6) / (7)		1,646E-05	1,097E-05	15	15	13
13	(12) * ((11) - 1)		1,152E-05	7,681E-06	Rata - rata (cm)		14,33
14	Suhu (° c)		29	29			
15	μT / μ20		0,810	0,810			
16	K 20 °C (13*15)	cm/sec	9,338E-06	6,225E-06			
17	K 20 °C Rata - rata	cm/sec	7,782E-06				

Rumus :

$$K = \frac{Q/t}{2 \pi h^2} \left[\log e \left(\frac{h}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{h}{r} \right)^2} \right) - 1 \right]$$

Catatan :

Dilaksanakan oleh:
Laboratorium WIKA-AS .KSO.

Diperiksa & setuju:
Konsultan PT. Virama Karya

Mengetahui:
Pengawas BBWS - P J

M. Tri Anwari

Ir. Samlawi

Irwan Nooryadi ST.MT



PT. WIJAYA KARYA - PT. ANDESMONT SAKTI KSO
PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA



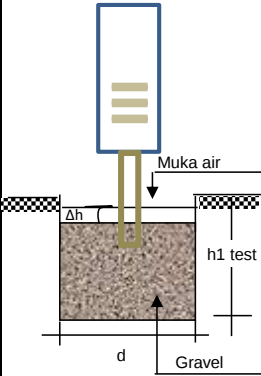
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANA
Alamat : Jl. Brigjen S. Sudiarto 375
Telp. (024) 6723212 Fax. (024) 6722239 Semarang

FIELD PERMEABILITY TEST

Tanggal Tes	5 September 2020	No. Contoh	1
Lokasi Tes	Main Cofferdam UpStream	Metode Tes	Constant head
Identitas Material	Material Zona I (Core)	Elevasi	78.40
Sumber Material	Stok Clay Ex. Main Dam	Blok/STA	E / B.9 - 10
		Koordinat	(528 357.161 : 9240 135.237)

No.	Deskripsi	Nilai Tes		Keterangan			
	No. Tes	1	2				
1	Kedalaman Lubang (h ₁)	cm	20,0	20,0	No. Botol	C	
2	Setengah Diameter (r)	cm	7,42	7,42	Kalibrasi Volume Botol		
3	Volume Air (Q)	cc	28,00	22,40	Per cm	56,00	cc
4	Pembacaan Tinggi Awal Air (h ₀)	cm	6,00	5,50	Kedalaman Lubang (h ₁) (cm)		
	Pembacaan Tinggi Akhir Air (h ₁)	cm	5,50	5,10			
	Tinggi dari Dasar Tanah Sampai Air (h _{test})	cm	19,0	19,0			
5	Waktu (t)	sec	900	900	21,0	19,0	20,0
6	Q/t	cc/sec	0,031	0,025	Rata - rata (cm)		20,00
7	2 * π* (h _{test}) ²		2268,2	2268,2	Tinggi Permukaan Tanah Sampai Air		
8	h / r		2,562	2,562	(Δh)	1,0	cm
9	$\sqrt{1 + (h/r)^2}$		2,750	2,750	Tinggi dari Dasar Tanah Sampai Air		
10	(8) + (9)		5,312	5,312	(h)	19,0	cm
11	2.3 * Log (10)		1,668	1,668	Diameter Lubang (d) (cm)		
12	(6) / (7)		1,372E-05	1,097E-05	15	14	15,5
13	(12) * ((11) - 1)		9,163E-06	7,331E-06	Rata - rata (cm)		14,83
14	Suhu (°c)		28	28			
15	μT / μ20		0,829	0,829			
16	K 20 °C (13*15)	cm/sec	7,593E-06	6,074E-06			
17	K 20 °C Rata - rata	cm/sec	6,833E-06				

Alat ukur berskala



Rumus :

$$K = \frac{Q/t}{2 \pi h^2} \left[\log e \left(\frac{h}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{h}{r} \right)^2} \right) - 1 \right]$$

Catatan :

Dilaksanakan oleh:
Laboratorium WIKA-AS .KSO.

Diperiksa & setuju:
Konsultan PT. Virama Karya

Mengetahui:
Pengawas BBWS - P J

M. Tri Anwari

Ir. Samlawi

Irwan Nooryadi ST.MT



PT. WIJAYA KARYA - PT. ANDESMONT SAKTI KSO
PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANA
Alamat : Jl. Brigjen S. Sudiarto 375
Telp. (024) 6723212 Fax. (024) 6722239 Semarang

TES KEPADATAN LAPANGAN

ASTM D1556

Lokasi Tes	: Main Cofferdam UpStream	Tanggal Tes	: 5 September 2020
Sumber Material	: Stok Clay Ex. Main Dam	Koordinat	: (528 357.161 : 9240 135.237)
Identitas Material	: Material Zona I (Core)		(528 730.516 : 9240 064.523)
Elevasi	: 78.40		
Blok / STA	: E / B.9 - 10		
	E / B.14 - 15		

No.			1	2		
	Botol		C	B		
(1)	Berat Pasir dan botol sebelum tes	gr.	7005,0	7001,0		
(2)	Berat Pasir dan botol setelah tes	gr.	2999,0	2687,0		
(3)	Berat pasir yang digunakan	gr. (1) - (2)	4006	4314		
(4)	Berat pasir di corong dan plat	gr.	1658,2	1672,9		
(5)	Berat pasir dalam lubang	gr. (3) - (4)	2347,8	2641,1		
(6)	Berat Isi pasir	gr/cm ³	1,425	1,425		
(7)	Volume lubang	cm ³ (5) / (6)	1647,6	1853,4		
(8)	Berat tanah basah dan pan	gr.	3096,0	3451,0		
(9)	Berat Pan	gr.	0	0		
(10)	Berat tanah basah	gr. (8) - (9)	3096,0	3451,0		
(11)	Kepadatan basah (γ wet)	gr/cm ³ (10) / (7)	1,879	1,862		
(12)	Kepadatan Kering (γ d)	gr/cm ³ (11)/(1+F/100)	1,502	1,486		

Kadar air

a	Berat tanah basah dan pan	gr.	525,5	548,2		
b	Berat tanah kering dan pan	gr.	450,7	468,4		
c	Berat Pan	gr.	152,6	153,4		
d	Berat air	gr. a - b	74,8	79,8		
e	Berat tanah kering	gr. b - c	298,10	315		
f	Kadar air	% d / e x 100	25,10	25,34		

Data pedoman & Hasil akhir

	Pedoman tes kepadatan					
A	Kadar air optimum (OMC) di lab.	%	25,00	25,00		
B	Kepadatan kering maksimum (Lab.)	gr/cm ³	1,508	1,508		
C	Perbandingan Kepadatan	% (12) / B x 100	99,61	98,51		
	Rata - rata		99,06			
D	Berat Jenis (Apparent)		2,636	2,636		
E	Angka Pori (e)	D / (12)-1	0,755	0,774		
F	Derajat Kejenuhan	% D x (f/100)/E x 100	87,65	86,25		
G	Kepadatan Jenuh (γ sat)	gr/cm ³ (D + E) / (1 + E)	1,932	1,922		
H	Porositas (n)	E / (1+E)	0,430	0,436		
I	Minimum hasil tes yang di iijinkan	%	95	95		
J	Hasil akhir ("Ya" atau "Tidak")		Ya	Ya		

Dilaksanakan oleh:
Laboratorium WIKAS-AS .KSO.

Diperiksa & setujui:
Konsultan PT. Virama Karya

Mengetahui:
Pengawas BBWS - P J

M. Tri Anwari

Ir.Samlawi

Irwan Nooryadi ST,MT





PT. WIJAYA KARYA - PT. ANDESMONT SAKTI KSO
PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANA
Alamat : Jl. Brigjen S. Sudiarso 375
Telp. (024) 6723212 Fax. (024) 6722239 Semarang

TES KEPADATAN LAPANGAN

Lokasi : Main Dam Down Stream Tanggal Tes : 11-Sep-2020
Sumber Material : Stok Random R. 2 Di Tes Oleh : Lab. WKA - AS KSO.
No. Sample : 1

No. Lubang Tes		1		
	STA/ Blok	B.7 - 8 / N - O		
	Koordinat	(528 237.811 : 9240 452.335)		
	Elevasi	71.20		
A	Volume Lubang Total (kg)	28,43		
B	Berat Tanah Total (kg)	57,00		
C= B/A	Kepadatan Basah Keseluruhan (γt) (kg/cm ³)	2,005		
D	Penyerapan Batuan (+19.1 mm) (%)	6,33		
E	Kadar Air (-19.1 mm) (%)	24,13		
F	Berat Basah (+19.1 mm) (kg)	15,66		
G	Berat Basah (-19.1 mm) (kg)	41,34		
H=F/(1+(D/100))	Berat Kering (+19.1 mm) (kg)	14,73		
I=G/(1+(E/100))	Berat Kering (-19.1 mm) (kg)	33,30		
J=(H/(H+I))X100%	Rasio Kadar Batuan (%)	30,66		
K= ((B-(H+I))/(H+I))X100%	Kadar Air Keseluruhan (%)	18,67		
L	Berat Jenis (Apparent.) (+19.1 mm)	2,475		
M=H/L	Volume Lubang (+19.1 mm) (cm ³)	5,951		
N=A-M	Volume Lubang (-19.1 mm) (cm ³)	22,479		
O=G/N	Kepadatan Basah (γt) (-19.1 mm) (gr/cm ³)	1,839		
P=C/(1+(K/100))	Kepadatan Kering Keseluruhan (γd) (gr/cm ³)	1,689		
Q=O/(1+(E/100))	Kepadatan Kering (γd) (-19.1 mm) (gr/cm ³)	1,482		
R	Kepadatan Kering Maksimal (Lab) (γd) max (gr/cm ³)	1,492		
S=(Q/R)*100%	Perbandingan Kepadatan (%)	99,30		
Hasil Akhir				
T	Berat Jenis (-19.1 mm)	2,464		
U=(T/Q)-1	Angka Pori (-19.1 mm)	0,663		
V=(T*(E/100))/U	Derajat Kejenuhan (-19.1 mm) (%)	89,66		
W=(T+U)/(1+U)	Kepadatan Jenuh (γ sat) (-19.1 mm) (gr/cm ³)	1,880		
Catatan :				
(γt) max.	= 1,847 gr/cm ³	SG. App	= 2,464	
(γd) max.	= 1,492 gr/cm ³	SG. S S D	= 2,383	
O M C	= 23,80 %	Diameter Lubang	= 28,00 cm	
		Tinggi	= 55,33 cm	
		Luas	= 615,75 cm ²	

Dilaksanakan oleh:
Laboratorium WKA-AS .KSO.

Diperiksa & setuju:
Konsultan PT. Virama Karya

Mengetahui:
Pengawas BBWS - P J

M. Tri Anwari

Ir.Samlawi

Irwan Nooryadi ST,MT



PT. WIJAYA KARYA - PT. ANDESMONT SAKTI KSO
PEMBANGUNAN BENDUNGAN RANDUGUNTING
KABUPATEN BLORA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
BALAI BESAR WILAYAH SUNGAI PEMALI - JUANA
SNVT PEMBANGUNAN BENDUNGAN BBWS PEMALI - JUANA
Alamat : Jl. Brigjen S. Sudiarto 375
Telp. (024) 6723212 Fax. (024) 6722239 Semarang

FIELD PERMEABILITY TEST

USBR 7300-89 METHOD

Lokasi Tes : Main Dam Down Stream Tanggal Tes : 11 September 2020
Sumber Material : Stok Random R. 2 Di tes oleh : Lab.WIKA-AS KSO
Identitas Material : Material Zona III (Random) Metode : Falling Head
STA. / Blok : B.7 - 8 / N - O Koordinat : (528 237.811 : 9240 452.335)
Elevasi : 71.20

No. Tes	1				
Diameter Lobang (cm)	28,00	28,00			
Waktu (Sec)	300	300			
Ketinggian h1 (cm)	51,00	45,80			
Ketinggian h2 (cm)	45,80	43,00			
r = D/2 (cm)	14,00	14,00			
$qV = ((h_1 - h_2) \times \phi \times r^2) / t$	10,677	5,749			
$qV / (2 \times \phi \times h_1^2)$ (1)	6,531E-04	4,360E-04			
$hx = h_1 / r$	3,643	3,271			
$\ln ((hx + \sqrt{(hx^2 + 1)})$ (2)	2,004	1,901			
$\sqrt{(1 + hx^2)}$ (3)	1,037	1,046			
$1 / hx$ (4)	2,745E-01	3,057E-01			
$Kt = (1) \times ((2) - (3) + (4))$ (cm/sec)	8,110E-04	5,062E-04			
Suhu Tes	28	28			
$K = T_{0C} / T_{20C}$	0,829	0,829			
$K_{20} = Kt_2 \times K$ (cm/sec)	6,720E-04	4,195E-04			
Rata - rata	5,457E-04				

Catatan :

$$K_{20} = \frac{qV}{2\pi h^2} \left\{ \ln \left(\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r} \right)^2 + 1} \right) - \left[\sqrt{1 + \left(\frac{h}{r} \right)^2} - \frac{h}{r} \right] + \frac{1}{h} \right\}$$

Dibuat oleh :
Laboratorium WIKA-AS KSO.

Diperiksa & setuju :
Konsultan PT. Virama Karya

Mengetahui :
Pengawas BBWS - P J

M. Tri Anwari

Ir. Samlawi

Irwan Nooryadi ST,MT



DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
13.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Analisis Stabilitas Lereng Dan Rembesan Pada Bendungan Randugunting

Di Blora Jawa Tengah Menggunakan Plaxis 8.6 Dan Geostudio 2018 R2

1	Irwan Yulianto P	30201700087	1
2	Muhammad Wahyu Aji S	30201700128	2

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Lisa Fitriyana,ST,M.Eng	1
2	Dr. Ir. H. Soedarsono,Msi	2
3	Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D	3

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil


M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax (024) 6582455
email: informasi@unissula.ac.id web: www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Rabu
28 Juli 2021
13.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Analisis Stabilitas Lereng Dan Rembesan Pada Bendungan Randugunting
Di Blora Jawa Tengah Menggunakan Plaxis 8.6 Dan Geostudio 2018 R2

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

Stability Analysis of Slope and Seepage on
Randugunting dam in Blora, central Java using
Plaxis 8.6 and Geostudio 2018 R2

1	Irwan Yulianto P	30201700087	1	
2	Muhammad Wahyu Aji S	30201700128	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Lisa Fitriyana, ST, M. Eng	1
2	Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi	2

Semarang, 28 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar, ST, M. Eng
NIK. 210216089



Nomor : 18 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Rabu Tanggal 28 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Irwan Yulianto P	30201700087
2 Nama	Muhammad Wahyu Aji S	30201700128

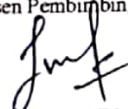
Judul TA Analisis Stabilitas Lereng Dan Rembesan Pada Bendungan Randugunting
Di Blora Jawa Tengah Menggunakan Plaxis 8.6 Dan Geostudio 2018 R2
0

Dengan Hasil

habis baik dengan beberapa
koreksi dari dosen penguji

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan penggunaan seperlunya.

Dosen Pembimbing I


Lisa Fitriyana, ST, M.Eng

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. H. Soedarsono, Msi

Dosen Pembimbing


Ir. M. Baiqun Ni'am, MT, Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


M. Rusli Ahyar, ST, M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp: (024) 6583584 (R. Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : M. Wahyuni Aji S. (30201700128), Iruwan Yulianto (302017000087)
Hari / Tanggal : Rabu, 28 Juli 2020
Judul TA : Analisis stabilitas lereng dan rembesan pada Bendungan Raudungting di Blora Jawa Tengah menggunakan Plaxis 8.6 dan GeoStudio 2018 R2.

NO	
1	Untuk bagian PPT ditambahkan data tanah dan berikan notasi gambar
2	menambahkan jurnal penelitian pada Bab II dan membenarkan Flow chart.
3	membenarkan setiap penulisan serta menambahkan Daftar pustaka
4	
5	

DOSEN PENGUJI

Lisa Fikriyana S.T. M. Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6584584 (H. Sat) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari

Rabu

Tanggal

28 Juli 2021

Tempat

online

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1	M. Susuf Khondafi	30201700117	1
2	M. Farid Mahabir	30201700122	2
3	Ikbal Delfero P.	30201700083	3
4	Khoirul Anwar	30201700095	4
5	Lana Nalaya M.	30201700094	5
6	Isnan Nur Aemin.	30201700098	6
7			7
8			8
9			9
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20

DOSEN PENGUJI

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.S.

MENGETAHUI

DOSEN PENGUJI

Lisa Fitriyana, S.T. M.Eng

ANALISIS STABILITAS LERENG DAN REMBESAN PADA BENDUNGAN RANDUGUNTING DI BLORA JAWA TENGAH MENGGUNAKAN PLAXIS 8.6 DAN GEOSTUDIO 2018 R2

ORIGINALITY REPORT

24%

SIMILARITY INDEX

22%

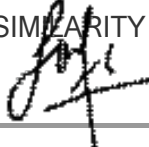
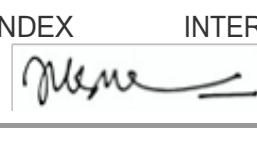
INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

4%

2

fr.scribd.com

Internet Source

2%

3

media.neliti.com

Internet Source

1%

4

www.scribd.com

Internet Source

1%

5

repository.its.ac.id

Internet Source

1%

6

www.slideshare.net

Internet Source

1%

7

id.scribd.com

Internet Source

1%

8

Stapledon, . "Analysis of stability and deformations", Geotechnical Engineering of Dams, 2005.

Publication

1%

9	repository.unissula.ac.id Internet Source	1 %
10	jurnalth.pusair-pu.go.id Internet Source	1 %
11	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
12	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
13	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
14	qdoc.tips Internet Source	<1 %
15	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
16	dspace.uui.ac.id Internet Source	<1 %
17	sml.sipil.ft.unand.ac.id Internet Source	<1 %
18	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
19	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
20	es.scribd.com Internet Source	<1 %

21	ragamtekniksipil.blogspot.com Internet Source	<1 %
22	xa.yimg.com Internet Source	<1 %
23	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
24	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
25	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
26	id.123dok.com Internet Source	<1 %
27	www.oregon.gov Internet Source	<1 %
28	123dok.com Internet Source	<1 %
29	core.ac.uk Internet Source	<1 %
30	archive.org Internet Source	<1 %
31	Muhammad Toyeb. "ANALISIS BALIK KUAT GESER TANAH TERSTABILISASI SEMEN DENGAN METODE NUMERIK", Racic : Rab Construction Research, 2020 Publication	<1 %

32	mafiadoc.com Internet Source	<1 %
33	research-report.umm.ac.id Internet Source	<1 %
34	Submitted to Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
35	himamdjabied.blogspot.com Internet Source	<1 %
36	jurnal.umsb.ac.id Internet Source	<1 %
37	matriks.sipil.ft.uns.ac.id Internet Source	<1 %
38	alwidody-boston.blogspot.com Internet Source	<1 %
39	adoc.pub Internet Source	<1 %
40	zbook.org Internet Source	<1 %
41	www.bola.com Internet Source	<1 %
42	repositori.unud.ac.id Internet Source	<1 %
43	documents.mx	

<1 %

44

idoc.pub

Internet Source

<1 %

45

Submitted to Universitas Negeri Jakarta

Student Paper

<1 %

46

www.ejournal.warmadewa.ac.id

Internet Source

<1 %

47

library.binus.ac.id

Internet Source

<1 %

48

sni.litbang.pu.go.id

Internet Source

<1 %

49

Submitted to Universitas Muria Kudus

Student Paper

<1 %

50

geezaliori20.blogspot.com

Internet Source

<1 %

51

vdocuments.mx

Internet Source

<1 %

52

Submitted to University of Kansas

Student Paper

<1 %

53

www.materialproyeku.xyz

Internet Source

<1 %

54

tugassekolaah.blogspot.com

Internet Source

<1 %

55	Submitted to (school name not available) Student Paper	<1 %
56	Submitted to Universitas Pancasila Student Paper	<1 %
57	garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
58	id.berita.yahoo.com Internet Source	<1 %
59	karil.uui.ac.id Internet Source	<1 %
60	"Aktuelle Forschung in der Bodenmechanik 2013", Springer Science and Business Media LLC, 2014 Publication	<1 %
61	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
62	ejurnal.untag-smd.ac.id Internet Source	<1 %
63	lib.ui.ac.id Internet Source	<1 %
64	tower-indonesia.blogspot.com Internet Source	<1 %
65	Repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %

66	elib.unikom.ac.id Internet Source	<1 %
67	repo.iain-tulungagung.ac.id Internet Source	<1 %
68	repo.stikesicme-jbg.ac.id Internet Source	<1 %
69	repositorio.ufu.br Internet Source	<1 %
70	tsumiarsa.blogspot.com Internet Source	<1 %
71	Muhamad Arifin, Muchamad Arif Budiyanto. "ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN (DAM BREAK ANALYSIS) DALAM UPAYA MITIGASI BENCANA (STUDI KASUS DI WADUK/ BENDUNGAN TEMPURAN)", CivETech, 2019 Publication	<1 %
72	civense.ub.ac.id Internet Source	<1 %
73	dewey.petra.ac.id Internet Source	<1 %
74	docobook.com Internet Source	<1 %
75	ecampus.poltekkes-medan.ac.id Internet Source	<1 %

76	koreascience.or.kr Internet Source	<1 %
77	nandhacinta.blogspot.com Internet Source	<1 %
78	repository.iainpurwokerto.ac.id Internet Source	<1 %
79	riset.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
80	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	<1 %
81	www.digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
82	Dimas Haryadi, Mawardi Mawardi, Makmun R. Razali. "ANALISIS LERENG TERASERING DALAM UPAYA PENANGGULANGAN LONGSOR METODE FELLENIUS DENGAN PROGRAM GEOSTUDIO SLOPE", Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 2019 Publication	<1 %
83	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
84	docplayer.info Internet Source	<1 %
85	download.garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %

86

edoc.pub

Internet Source

<1 %

87

eprints.ums.ac.id

Internet Source

<1 %

88

ft-sipil.unila.ac.id

Internet Source

<1 %

89

jurnal.dharmawangsa.ac.id

Internet Source

<1 %

90

lib.unnes.ac.id

Internet Source

<1 %

91

repository.trisakti.ac.id

Internet Source

<1 %

92

repository.usm.ac.id

Internet Source

<1 %

93

jurnal.untan.ac.id

Internet Source

<1 %



Exclude quotes

OffExclude bibliography

Off

