

TESIS

EVALUASI STABILITAS LERENG DAN DINDING PADA PELAKSANAAN KONSTRUKSI BANGUNAN PELIMPAH BENDUNGAN JRAGUNG JAWATENGAH

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Mencapai
Gelar Megister Teknik (MT)**



Diajukan Oleh :

MIFTACHUL ANWAR

NIM : 20202200055

**PROGRAM STUDI MEGISTER TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS
EVALUASI STABILITAS LERENG DAN DINDING PADA
PELAKSANAAN KONSTRUKSI BANGUNAN PELIMPAH
BENDUNGAN JRAGUNG JAWATENGAH



Tanggal,

Pembimbing I,

Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.
NIK.

Tanggal,

Pembimbing II,

Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si, M.Si
NIK.

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**EVALUASI STABILITAS LERENG DAN DINDING PADA PELAKSANAAN
KONSTRUKSI BANGUNAN PELIMPAH BENDUNGAN JRAGUNG**

JAWATENGAH

Disusun oleh :

MIFTACHUL ANWAR

NIM : 20202200055

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal :

24 Januari 2025

Tim Penguji:

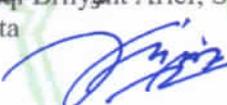
1. Ketua


Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D

2. Anggota


Dr. Rifqi Brilliant Arief, ST., MT

3. Anggota

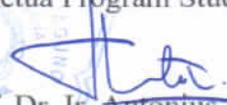

Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, FEBRUARI 2025

Mengetahui,

Ketua Program Studi


Prof. Dr. Ir. Antonius, MT

NIK. 210202033

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Abdul Rochim, ST., MT

NIK. 210200031

MOTTO

“Ridhoollahi fii ridhoolwalidain wa sakhothullaahi fii sakhothilwaalidain”

Ridho Allah ada pada ridha kedua orang tua dan kemurkaan Allah ada pada kemurkaan kedua orang tua.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk kedua orang tua saya yang selalu memberikan motivasi dan doa.

Untuk istri dan anak saya yang selalu mensupport dalam berbagai langkah dan keputusan yang baik guna dapat menjadi keharmonisan hakiki.

Untuk dosen pembimbing saya yang telah membimbing dan memberikan motivasi.

Untuk rekan – rekan, dan sahabat saya yang telah memberikan saran, nasihat, dan motivasi.

ABSTRAK

Perencanaan pembangunan Bendungan Jragung dimulai sejak tahun 1976 oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana yang akan dibangun di Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. Penelitian dan perencanaan Bendungan Jragung yang telah dilakukan antara lain Studi kelayakan (FS) dikaji oleh Engineering Consultants Inc. (ECI). Denver, Co. USA (1976), Final Desain dikaji oleh PRC Engineering Consultants, Inc. Englewood, Colorado, USA. (1979), Detail Desain dikerjakan oleh (PT. Indra Karya Cabang-1 Malang (2015) dan Detail Engineering Design (DED) dikerjakan oleh PT. Indra Karya (Persero) pada tahun 2019. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui dan mengevaluasi serta merekomendasikan desain pada lereng dan dinding bangunan pelimpah dengan kondisi geologi pada lokasi penelitian, dan dilakukan analisis dengan bantuan perangkat lunak geo5 v20 yang menggunakan metode Morgenstern-price. Analisis stabilitas difokuskan pada analisis stabilitas lereng dan stabilitas dinding bangunan pelimpah, Rekayasa konstruksi yang di modelkan dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 menjadi acuan dalam penelitian ini. Kondisi batuan pada lokasi penelitian terdapat 3 jenis satuan yaitu satuan batulempung, satuan batupasir dan satuan kollovial soil. Desain tersertifikasi kemiringan lereng adalah 1:08, dan mengakibatkan kelongsoran pada saat pelaksanaan konstruksi. Pelandaian kemiringan pada lereng bangunan pelimpah sangat perlu dilakukan agar pelaksanaan konstruksi dapat dilaksanakan. Mengacu pada Central research institute of electric power industry (CIREPI) klasifikasi batuan didapat dengan kelas satuan D sd CL. Analisis stabilitas lereng desain tersertifikasi mendapatkan Faktor keamanan (FK) $1.4 < 1.5$ dan stabilitas dinding mendapatkan FK $1.29 < 1.5$ faktor keamanan yang kurang memenuhi syarat sesuai SNI 8640:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik, sehingga perlu dilakukan perubahan desain. Perubahan desain dilakukan dengan melandaikan kemiringan lereng menjadi 1:1, dari perubahan kemiringan lereng tersebut dilakukan analisis dengan hasil stabilitas FK $1.61 > 1.5$ dan pada dinding bangunan pelimpah mendapatkan hasil stabilitas FK $1.62 > 1.5$ nilai faktor keamanan memenuhi syarat. Rekayasa konstruksi pada desain tersertifikasi dan desain perubahan pada bangunan pelimpah, bahwasanya pada lokasi yang terdapat batuan dengan kondisi satuan klasifikasi D sd CL, tidak dapat dilakukan menggunakan desain kemiringan 1:08, karena kondisi batuan dengan klasifikasi D sd CL memiliki pelapukan yang tinggi. Dalam penelitian ini diharapkan ketika mendesain sebuah lereng dengan kondisi batuan klasifikasi D sd CL hendaknya dilakukan minimal pada kemiringan 1:1, permasalahan dalam penelitian ini menjadi acuan untuk mendesain sebuah kemiringan lereng untuk kedepannya agar dapat di terapkan dengan baik dan meminimalisir terjadinya kelongsoran ketika dilakukan pelaksanaan konstruksi.

Kata Kunci : Bangunan Pelimpah, Analisis, Stabilitas Lereng, Stabilitas Dinding, Geo 5 v20 Student.

ABSTRACT

Planning for the construction of the Jragung Dam began in 1976 by the Directorate General of Water Resources through the Pemali Juana River Area Center (BBWS) which will be built in Semarang Regency, Central Java Province. The research and planning of the Jragung Dam that has been carried out includes a feasibility study (FS) studied by Engineering Consultants Inc. (ECI). Denver, Co. USA (1976), Final Design reviewed by P.R.C. Engineering Consultants, Inc. Englewood, Colorado, USA. (1979), Detailed Design was done by (PT. Indra Karya Branch-1 Malang (2015) and Detail Engineering Design (DED) were carried out by PT. Indra Karya (Persero) in 2019. The purpose of this study is to know, evaluate and recommend the design on the slopes and walls of overflow buildings with the geological conditions at the research site, and the analysis is carried out with the help of geo5 v20 software using the Morgenstern-price method. Stability analysis is focused on the analysis of slope stability and stability of overflow building walls, Construction engineering modeled with the help of Geo5 v20 software is the reference in this study. The condition of the rocks at the research site is 3 types of units, namely clay units, sandstone units and kollovial soil units. The slope slope is certified design is 1:08, and results in landslides during construction. Slope flattening on the slope of overflow buildings is very necessary so that the implementation of construction can be carried out. Referring to the Central research institute of electric power industry (CIREPI), the classification of rocks is obtained with a unit class D to CL. The slope stability analysis of the certified design received a safety factor (FK) of $1.4 < 1.5$ and the stability of the wall obtained a FK of $1.29 < 1.5$ safety factors that are less qualified according to SNI 8640:2017 concerning geotechnical design requirements, so it is necessary to make design changes. The design change was made by flattening the slope slope to 1:1, from the change in the slope the analysis was carried out with the stability results of FK $1.61 > 1.5$ and on the walls of the overflow building obtained the stability results of FK $1.62 > 1.5$ safety factor value was met. Construction engineering on certified designs and design changes in overflow buildings, that is, in locations where there are rocks with D to CL classification unit conditions, cannot be done using a 1:08 slope design, because the condition of rocks with D to CL classification has high weathering. In this study, it is hoped that when designing a slope with the condition of D to CL classification rocks should be done at least at a slope of 1:1, the problem in this study is a reference for designing a slope slope for the future so that it can be applied properly and minimize the occurrence of landslides when construction is carried out.

Keywords: Keywords: Overflow Building, Analysis, Slope Stability, Wall Stability, Geo 5 v20 Student.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MIFTACHUL ANWAR

NIM : 20202200055

Dengan ini saya nyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

EVALUASI STABILITAS LERENG DAN DINDING PADA PELAKSANAAN KONSTRUKSI BANGUNAN PELIMPAH BENDUNGAN JRAGUNG JAWATENGAH

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 24 Februari 2025



MIFTACHUL ANWAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian yang berjudul “Evaluasi Stabilitas Lereng dan Dinding Pada Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Pelimpah Bendungan Jragung Jawa Tengah” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil Universitas Sultan Agung Semarang.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak akan sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir dari program Magister ini. Oleh sebab itu, saya mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu saya diantaranya :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan motivasi dan doa.
2. Istri dan anak yang telah memberikan motivasi, doa, dan hiburan dalam pengkajian ini.
3. Prof. Ir. H. Pratikso, Mst., Ph.D dan Dr. Hj. Hermin Poedjiastuti, S.Si, M.Si yang telah membimbing dan memberikan motivasi dalam penyusunan penelitian ini.
4. Seluruh staf pengajar program studi Magister Teknik Sipil Universitas Sultan Agung Semarang.
5. Rekan – rekan mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Sultan Agung Semarang yang telah memberikan saran, nasihat, dan motivasi.

Saya sadar bahwasanya Penelitian ini masih memiliki kekurangan, namun hal itu tidak akan menghambat kelanjutan proses belajar untuk mendapatkan pengalaman yang berharga.

“Wa al laisa lil insani illa ma saa, wa anna sayahu saufa yura, summa yajzahul jaza al aufa” dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah di usahakannya, dan usaha itu kelak akan di perlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.

Oleh karena itu, saran, masukan, dan dukungan secara konstruktif akan menjadi sumber yang sangat berharga dalam menyempurnakan penelitian ini. saya berharap bahwa penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Semarang, Februari 2025

Penulis.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan masalah.....	3
1.4 Lingkup Penelitian	3
1.4.1 Wilayah Penelitian.....	3
1.4.2 Lingkup Substansi	4
1.5 Manfaat penelitan	5
1.6 Penelitian terdahulu dan keaslian penelitian.....	5
BAB II	11
KAJIAN PUSTAKA	11

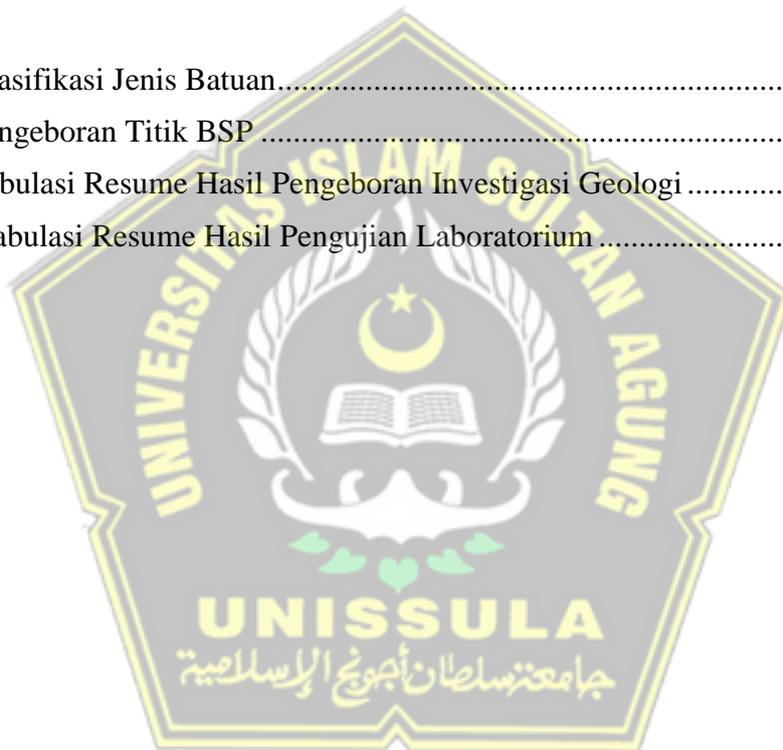
2.1 Bangunan Pelimpah	11
2.2 Stabilitas.....	11
2.2.1 Stabilitas Lereng	11
2.2.2 Stabilitas Struktur	12
2.3 Kondisi Geologi	12
2.3.1 Geologi Regional	12
2.3.1 Geologi Struktur	16
2.4 Desain Bangunan Pelimpah	21
2.4.1 Lereng Bangunan Pelimpah.....	21
2.4.2 Dinding Bangunan Pelimpah.....	22
2.5 Desain Perubahan Bangunan Pelimpah	22
2.5.1 Desain Perubahan Lereng Bangunan pelimpah.....	23
2.5.2 Desain Perubahan Dinding Bangunan Pelimpah.....	23
2.6 Acuan Teknis Desain	24
2.7 Sistematika Pemodelan Perubahan Desain	25
2.8 Sistem Pengolahan Data	25
BAB III.....	26
METODE PENELITIAN	26
3.1 Pengertian Umum	26
3.2 Tahapan Pendahuluan	26
3.3 Alat dan Bahan.....	26
3.4 Tahapan Pengumpulan Data	27
3.5 Teknik Pengumpulan data	27
3.6 Tahapan Analisis.....	27
3.6.1 Analisis Data.....	27
3.6.2 Analisis Parameter kekuatan massa batuan.	27
3.6.3 Analisis Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah.....	28
3.6.4 Analisis Dinding Bangunan Pelimpah.....	28
3.7.Tahapan Pelaporan.....	29
BAB 4.....	30
HASIL DAN PEMBAHASAN	30

4.1 Analisis Stabilitas	30
4.2 Kondisi Geologi Bangunan Pelimpah.....	30
4.2.1 Klasifikasi Jenis Batuan.....	31
4.2.2 Data Pengeboran Titik BSP	32
4.3 Ringkasan Pengeboran Investigasi Geologi.....	37
4.4 Perangkat Lunak GEO 5 V20 (Student)	38
4.5 Pemodelan Perangkat Lunak GEO 5 V20 (Student).....	39
4.6 Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah	42
4.6.1 Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah Desain.....	43
4.6.2 Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah Desain Perubahan	43
4.6.3 Stabilitas Dinding Bangunan Pelimpah Desain.....	45
4.6.4 Stabilitas Dinding Bangunan Pelimpah Desain Perubahan	46
BAB 5	47
PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	51



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Peneliti Terdahulu.....	6
Tabel 3. 1 Parameter kekuatan massa batuan	28
Tabel 3. 2 Faktor keamanan.....	28
Tabel 4. 1 Klasifikasi Jenis Batuan.....	32
Tabel 4. 2 Pengeboran Titik BSP	33
Tabel 4. 3 Tabulasi Resume Hasil Pengeboran Investigasi Geologi.....	38
Tabel 4. 4 Tabulasi Resume Hasil Pengujian Laboratorium	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Lokasi Pembangunan Bendungan Jragung	4
Gambar 2. 1	Skema statis metode Morgenstern-Price.....	11
Gambar 2. 2	Peta Geologi Regional Lembar Salatiga, Jawa.....	13
Gambar 2. 3	Peta Geologi Bendungan Jragung, (DED Tahun 2019).....	14
Gambar 2. 4	Jenis Batuan , Sumber : Engineering Design Report, 2019 (EDR 2-4 Dam)	15
Gambar 2. 5	Penampang Geologi dan Geologi Teknik Memanjang Bangunan Pelimpah,	15
Gambar 2. 6	Profil Tanah dan Geologi Memanjang Bangunan Pelimpah, Tahun 2021	16
Gambar 2. 7	Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun.....	19
Gambar 2. 8	Denah dan tata letak Bangunan Pelimpah	21
Gambar 2. 9	Potongan memanjang Bangunan Pelimpah	21
Gambar 2. 10	Desain Lereng Bangunan Pelimpah.....	22
Gambar 2. 11	Desain dinding bangunan pelimpah (Gravity wall).....	22
Gambar 2. 12	Desain Perubahan Lereng Bangunan Pelimpah.....	23
Gambar 2. 13	Desain Perubahan dinding Bangunan Pelimpah.....	24
Gambar 3. 1	Diagram alir Penelitian Tesis.....	29
Gambar 4. 1	Penampang Geologi Bangunan Pelimpah.....	31
Gambar 4. 2	Mengimport gambar dari Autocad ke Geo5 v20 (student) dengan format Dxf.	39
Gambar 4. 3	Input parameter tanah dari pengeboran titik BSP.....	40
Gambar 4. 4	Memasukkan parameter tanah sesuai interfaces dari investigasi geologi..	40
Gambar 4. 5	Input beban air permukaan dan beban gempa berdasarkan pusgen 2017..	41
Gambar 4. 6	Tahapan analisis dengan menggunakan metode Morgenstern-price	42
Gambar 4. 7	Cross Section Desain Dinding bangunan Pelimpah.	43
Gambar 4. 8	Analisis Stabilitas desain sertifikasi	43
Gambar 4. 9	Cross Section Tebing Bangunan Pelimpah Modifikasi	44
Gambar 4. 10	Analisis Stabilitas desain modifikasi	44

Gambar 4. 11 Desain dinding Bangunan Pelimpah.....	45
Gambar 4. 12 Analisis Dinding Bangunan Pelimpah.....	45
Gambar 4. 13 Modifikasi Dinding Bangunan Pelimpah	46
Gambar 4. 14 Analisis Modifikasi Dinding Bangunan Pelimpah	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Stabilitas pada Desain Bangunan Pelimpah.....	51
Lampiran 1. 2 Rekomendasi Stabilitas pada Bangunan Pelimpah	60



ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

α	= sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor.
ϕ'	= sudut geser tanah (jika dalam kondisi undrained nilai sudut geser 0)
u	= tekanan air pori
XL, XR	= gaya gesek yang bekerja di tepi irisan
P	= Gaya Normal
c'	= kohesi (jika analisa dalam kondisi undrained diambil cu jika dalam kondisi drained diambil nilai kohesi efektif)
Wn	= gaya akibat beban tanah ke-n
CIREPI	= Central research institute of electric power industry
SB	= Sumber dan Bahaya
FK	= Faktor Keamanan
SF	= Safety Factor



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perencanaan pembangunan Bendungan Jragung dimulai sejak tahun 1976 oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana yang akan dibangun di Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. Penelitian dan perencanaan Bendungan Jragung yang telah dilakukan antara lain; Studi kelayakan (FS) dikaji oleh Engineering Consultants Inc. (ECI). Denver, Co. USA (1976), Final Desain dikaji oleh PRC Engineering Consultants, Inc. Englewood, Colorado, USA. (1979), Detail Desain dikerjakan oleh (PT. Indra Karya Cabang-1 Malang (2015) dan *Detail Engineering Design (DED)* dikerjakan oleh PT. Indra Karya (Persero) pada tahun 2019. Tujuan dilakukannya pembangunan Bendungan Jragung adalah untuk pengendalian banjir dari 1.580 m³/det menjadi 981 m³/det mereduksi 68% (Q_{PMF}), pemenuhan air baku sebesar 1 m³/detik, suplai air irigasi seluas 4528 Ha, potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) sebesar 1,4 MW dan untuk aliran pemeliharaan sungai sebesar 0,15 m³/det.

Salah satu unsur penting dalam sebuah Bendungan adalah Bangunan Pelimpah, Pelimpah (Spillway) merupakan salah satu bangunan pelengkap dari bendungan yang berfungsi sebagai pengaman terhadap bahaya air banjir yang melimpas diatas bendungan (overtopping). Selain itu, bangunan pelimpah juga berfungsi agar debit hujan rancangan yang terjadi cepat mengalir sehingga debit air tidak sempat meluas.¹ Karakteristik aliran yang melewati bangunan pelimpah akan tergantung kepada bentuk dan sifat pelimpah itu sendiri. Untuk kepentingan bangunan air seperti bendungan dan bangunan air lainnya maka perihal karakteristik aliran sangatlah penting untuk menentukan bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhan.² Desain bangunan pelimpah pada bendungan Jragung menggunakan tipe Ogee tipe II, panjang total Pelimpah ±439 meter yang terbagi dari Apron, Mercu, Chutway I, Chutway II, dan Chutway III dengan elevasi ambang ±115 dan lebar ambang 60 m yang berbentuk melengkung.

Dalam kegiatan konstruksi pembangunan bangunan pelimpah, DED Tahun 2019 sebagai acuan dalam pelaksanaan konstruksi. Pelaksanaan konstruksi bangunan

pelimpah yang dikerjakan saat ini mengalami beberapa perubahan dari desain yang tersertifikasi pada Tahun 2019, beberapa perubahan desain tersebut mengacu pada geologi yang ada pada lokasi bangunan pelimpah yang dimana lokasi tersebut memiliki satuan batulempung, satuan batupasir, dan kolovial sehingga desain yang tersertifikasi tidak dapat diterapkan pada lokasi rencana pembangunan. Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Salatiga oleh Sukardi dan T. Budhitrisna (1992) pada daerah penelitian terdapat struktur lipatan dan sesar. Struktur geologi ini dimungkinkan berpengaruh terhadap perencanaan Bangunan Pelimpah.

Untuk itu penelitian ini dilakukan agar dapat menjadi evaluasi bersama dalam desain konstruksi tersertifikasi untuk pekerjaan konstruksi selanjutnya. Pada analisis keamanan struktur bangunan pelimpah, data yang diperlukan antara lain kondisi geologi dan geologi teknik (tanah dan batuan, struktur geologi). Analisis kestabilan lereng maupun kestabilan struktur dinding bangunan pelimpah penting untuk dilakukan, karena pada daerah penelitian rawan terjadi tanah longsor. Dalam penelitian ini kestabilan lereng maupun kestabilan struktur dinding bangunan pelimpah terhadap desain yang tersertifikasi akan dilakukan evaluasi dengan menggunakan pendekatan melalui perangkat lunak Geo5 v20 (student) menggunakan metode Morgenstern-price.

1.2 Rumusan Masalah

Memperhatikan dari latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perumusan masalah yang akan di teliti adalah :

- a. Apa penyebab perubahan desain lereng bangunan pelimpah?
- b. Bagaimana stabilitas lereng dan stabilitas dinding pada desain bangunan pelimpah yang tersertifikasi DED Tahun 2019 jika dilakukan analisis?
- c. Desain seperti apa yang harusnya dapat di terapkan dengan kondisi geologi yang ada pada lokasi penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui dan mengevaluasi serta merekomendasikan desain pada lereng dan dinding bangunan pelimpah dengan kondisi geologi pada lokasi

penelitian, dan dilakukan analisis dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student) yang menggunakan metode Morgenstern-price akan didapatkan :

- a. Kondisi geologi melalui Titik Bor BSP, dari kondisi pada lokasi penelitian akan didapatkan nilai satuan pada klasifikasi Batuan untuk dapat menjadi acuan dalam menganalisis.
- b. Kestabilan lereng dan kestabilan dinding pada bangunan pelimpah dari desain tersertifikasi DED Tahun 2019 dengan menganalisis menggunakan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student).
- c. Desain lereng dan dinding bangunan pelimpah yang dapat di terapkan dengan kondisi geologi yang ada pada bangunan pelimpah.

1.4 Batasan masalah

Penelitian yang dilakukan memiliki batasan masalah diantaranya :

- a. Penyebab perubahan desain lereng bangunan pelimpah adalah dari kondisi geologi, Pemetaan geologi teknik dibatasi pada lokasi penelitian, yakni pada area Bangunan pelimpah.
- b. Kestabilan lereng dan kestabilan dinding pada bangunan pelimpah akan di modelkan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student).
- c. Rekomendasi desain pada lereng dan dinding bangunan pelimpah yang dapat di terapkan dengan kondisi geologi yang ada pada lokasi penelitian yang di modelkan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student).

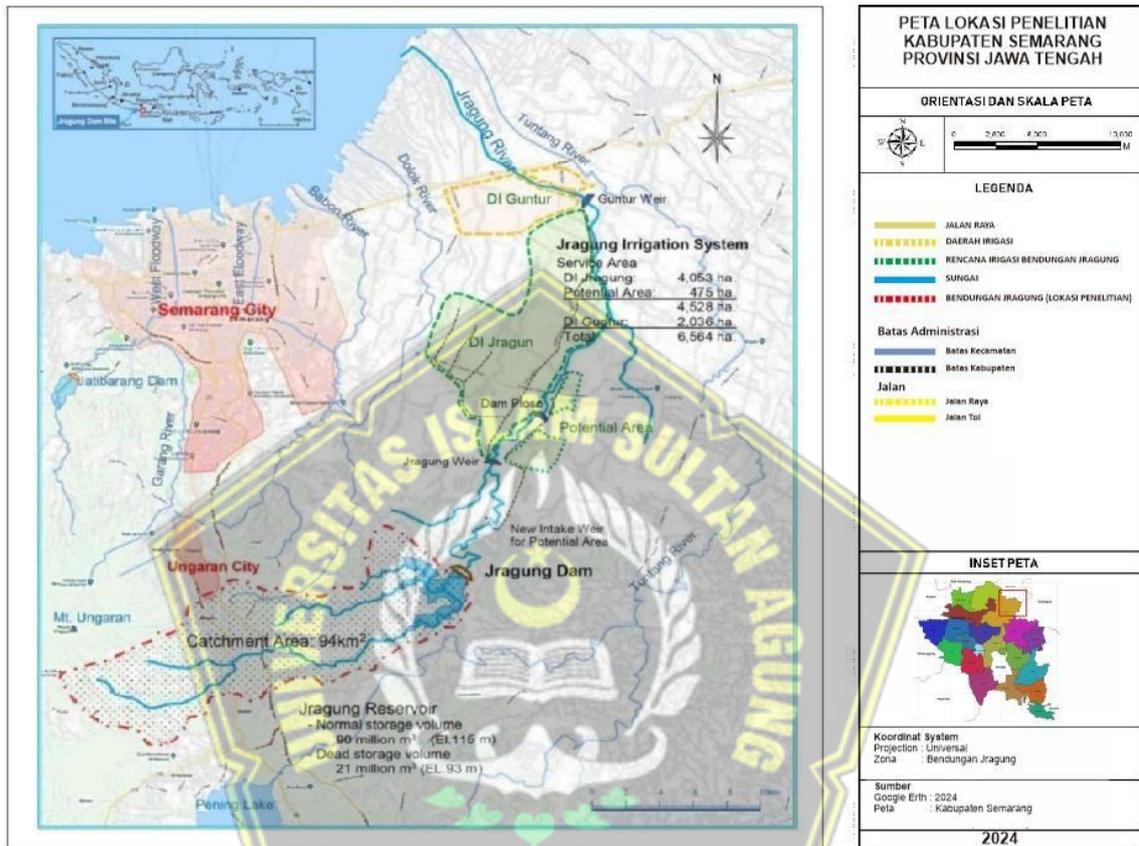
1.4 Lingkup Penelitian

1.4.1 Wilayah Penelitian

Bendungan Jragung secara administratif terletak di Desa Candirejo, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Daerah penelitian terletak pada koordinat $7^{\circ}08'40,30''$ LS dan $110^{\circ}32'30,43''$ BT. Untuk menuju lokasi penelitian, dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua atau roda empat dari kota Semarang menuju desa

Candirejo dalam waktu sekitar 1,5 jam. Kemudian perjalanan dilanjutkan dengan kendaraan *double* gardan menuju lokasi penelitian pembangunan Bendungan Jragung.

Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pembangunan Bendungan Jragung

1.4.2 Lingkup Substansi

Lingkup substansi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Melakukan studi pustaka terkait dengan penelitian yang berhubungan dengan geologi regional, dan struktur geologi, mekanika tanah/batuan, kualitas massa batuan, kestabilan lereng, dan kestabilan dinding pada bangunan pelimpah.
- Melakukan pengumpulan data sekunder, berupa desain bangunan pelimpah yang tersertifikasi DED Tahun 2019.

- c. Melakukan analisis terhadap kestabilan lereng dan kestabilan struktur dinding dari desain yang tersertifikasi Tahun 2019 dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student).

1.5 Manfaat penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

- a. Mengetahui kondisi geologi teknik pada lokasi bendungan Jragung, khususnya pada bangunan pelimpah.
- b. Mengetahui Desain tersertifikasi DED Tahun 2019 yang kurang dapat diterapkan konstruksinya pada lokasi penelitian.
- c. Memberikan rekomendasi desain kemiringan lereng dan desain dinding bangunan pelimpah pada lokasi penelitian setelah dilakukan analisis melalui perangkat lunak Geo5 v20 (student).

1.6 Penelitian terdahulu dan keaslian penelitian

Pada setiap proyek, perubahan pekerjaan selalu terjadi dan hampir tidak dapat dihindari. Salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan pekerjaan adalah perubahan desain.³ Berdasarkan desain konstruksi bangunan pelimpah yang tersertifikasi pada 2019 dilakukan bahwa lereng bangunan pelimpah mampu untuk menopang dengan kemiringan 1:08 dalam pelaksanaan konstruksi terjadi longsor yang menjadikan lereng tersebut harus dimodifikasi, dengan kemiringan yang dimodifikasi mengakibatkan perubahan terhadap struktur dindingnya. Penelitian terdahulu yang terkait dengan stabilitas lereng pernah dilakukan pada bangunan pelimpah Bendungan Ciawi dengan metode Bishop dan dibantu dengan bantuan perangkat lunak Geoslope, selain itu stabilitas lereng juga pernah diteliti pada kawasan Citraland dengan metode Fellenius. Dalam penelitian mengenai “Evaluasi stabilitas lereng dan stabilitas dinding pada pelaksanaan konstruksi Bangunan Pelimpah Bendungan Jragung Jawa Tengah” belum pernah dilakukan sebelumnya oleh penulis atau peneliti yang lain.

Tabel 1. 1 Peneliti Terdahulu

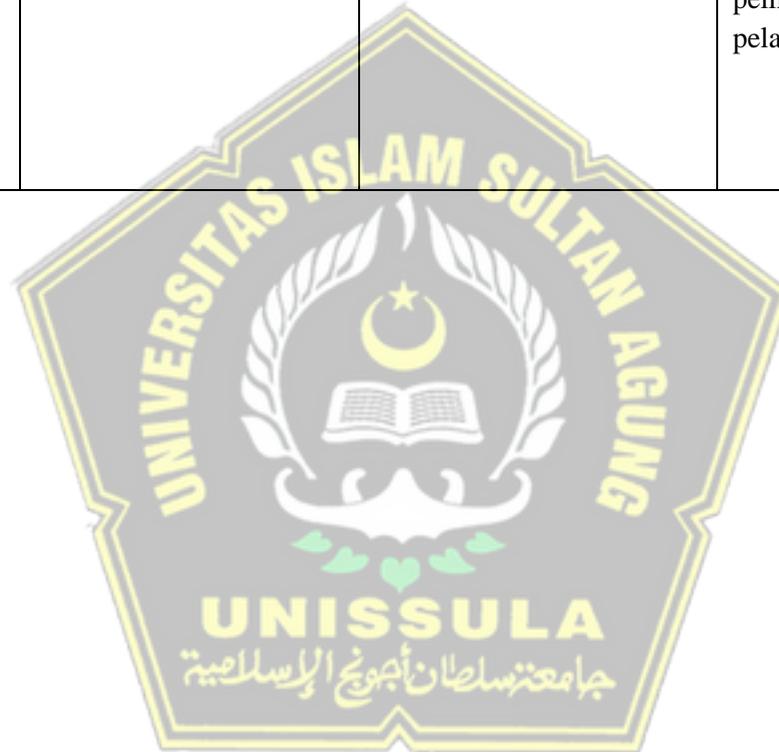
NO	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	Violetta Gabriella Margaretha Pangemanan A.E Turangan, O.B.A Sompie. (2014)	Analisis Kestabilan Lereng dengan metode Fellenius	Metode Fellenius (perangkat lunak SLIDE 6)	Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser untuk mempertahankan kestabilan lereng dan menghitung kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran kemudian keduanya dibandingkan.
2.	TAURISTA YURISTANTI. (2020)	Analisis Kinerja Proyek Design and Build pada Proyek Jalan di Direktorat Jendral Bina Marga	Fault Tree Analysis (FTA), serta Method for Obtaining Cut Set (MOCUS)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa indikator kinerja tahap desain mayoritas mendapatkan penilaian yang rendah dibandingkan indikator kinerja tahap konstruksi dan indikator kinerja keseluruhan proyek, dimana masing masing mendapatkan nilai buruk.
3.	Sutikno Bronto, Pudjo Asmoro dan Mutiara Efendi. (2017)	Gunung Api Lumpur di Daerah Cengklik dan Sekitarnya, Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah	Metode analisis rasio isotop He/ He	Di bawah permukaan endapan lumpur itu berupa sisipan atau terobosan di antara perlapisan sedimen, serta mengisi struktur rekahan, membentuk struktur diapir dan bola lumpur, sedangkan yang mampu keluar meninggalkan jejak diatrema dan endapan permukaan.

NO	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
4.	Ahmad Fariz Thirafi (2017)	Evaluasi Stabilitas Bendung dan pondasi spillway dengan memperhatikan adanya zona gempa pada perencanaan proyek bendungan Way Apu di Maluku selatan.	Metode Elemen dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis	Evaluasi terkait stabilitas bendung dan pondasi spillway dari aspek geoteknik dengan mempertimbangkan adanya zona gempa sekaligus perencanaan perkuatan jika bendung dan spillway dari bendungan way apu ini tidak stabil. Berdasarkan evaluasi tanah asli, membutuhkan waktu 7 tahun untuk selesai konsolidasi hingga 90%.
5.	Zakaria (2011)	Analisis Stabilitas Lereng dan Penanggulangan longsor dengan metode keseimbangan batas dan metode elemen hingga.	Metode Elemen Hingga dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS, ROCKSCIENCE SLIDE	Metode keseimbangan batas adalah metode yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng untuk longsor tipe gelinciran rotasional dan translasional. Asumsinya yaitu geometri dari bentuk bidang longsor harus diketahui dan ditentukan terlebih dahulu. Metode Fellenius, metode Bishop dan metode Spencer adalah metode kesetimbangan batas yang sering dijadikan pertimbangan dalam menentukan angka faktor keamanan.
6.	Yunita Dian Suwandari, Otis T.Tsarwan. (2020)	Analisis Faktor-faktor Perubahan Design Terhadap Proyek Konstruksi Pelebaran Jalan Tol Jakarta-Merak (Area Cikupa)	Pengumpulan data menggunakan studi literatur dan kuisioner dengan lima skala likert. Analisis menggunakan SPSS versi 22.	Pada setiap proyek, perubahan pekerjaan selalu terjadi dan hampir tidak dapat dihindari. Salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan pekerjaan adalah perubahan design. Penelitian bertujuan untuk menganalisis mengenai perubahan design yang menyebabkan keterlambatan proyek pelebaran jalan tol JakartaMerak di area Cikupa.

NO	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
7.	Gideon Allan Takwin, Turangan A. E., Steeva G. Rondonuwu. (2017)	Analisis Kesetabilan Lereng metode Morgenstern – Price.	Metode Morgenstern-price menggunakan perangkat lunak SLIDE	Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor potensial, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser untuk mempertahankan kestabilan lereng dan menghitung kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran kemudian keduanya dibandingkan. Dari perbandingan tersebut didapat faktor keamanan yang merupakan nilai kestabilan lereng yang dinyatakan dalam angka.
8.	Nur Alvi Anisa1, Ignatius Sriyana, Suseno Darsono. (2023)	Analisis Penanganan Longsoran Pada Bangunan Pelimpah Bendungan Ciawi	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kesetimbangan batas (limit equilibrium) dengan program geostudio SLOPE/W	Berdasarkan hasil analisis stabilitas didapatkan angka aman 0,915 metode Bishop dan 0,852 metode Ordinary. Angka aman tersebut kurang dari 1,00 sehingga termasuk kategori lereng yang kurang stabil dan pernah terjadi kelongsoran. Upaya penanganan pertama adalah pelandaian lereng, namun upaya ini belum memberikan kenaikan angka keamanan yang signifikan.
9.	Riska Rahmawati Djunaedi (2020)	Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi	Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor potensial dengan metode fellenius.	Dari analisis yang dilakukan di SDN Lio didapat nilai faktor keamanan stabilitas lereng dengan pengaruh muka air tanah yaitu 0.70 dan nilai faktor keamanan stabilitas lereng tanpa pengaruh muka air tanah yaitu 0.93 yang menunjukkan bahwa keadaan lereng tersebut tidak aman. Faktor keamanan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser, guling dan kapasitas daya dukung masing-masing nilainya 4.78, 3.91 dan 7.78.

NO	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
10	Deni Irda Mazni, Wendi Boy dan Agustria Komala. (2023)	Perencanaan Dinding Penahan Tanah Gravitasi Pada Tanah Pasir dengan Adanya Muka Air Tanah	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung dimensi dinding penahan tanah gravity dengan jenis tanah pasir sehingga syarat faktor keamanan terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah terpenuhi.	Desain dinding penahan ini digunakan untuk analisis stabilitas struktur. Dalam mendesain dinding penahan tanah, harus diperhitungkan berapa dimensi untuk mendapatkan stabilitas terhadap geser, guling, dan daya dukung. Jika pemeriksaan stabilitas menghasilkan hasil yang tidak diinginkan, maka dimensi dinding penahan tanah dapat diubah.
11	Christanya K. R. Mewengkang, Reky S. Windah, Marthin D. J. Sumajouw. (2019)	Evaluasi Struktur RSPTN UNSRAT Berdasarkan SNI 1726-2002 Dan SNI 1726-2019	Metode yang digunakan aturan-aturan SNI 1726-2019 yang menjadi topik utama dalam penelitian ini serta menjadi acuan dalam desain dan analisi bangunan eksisting. Dengan bantuan perangkat lunak SPCE V22	Objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan gedung RSPTN UNSRAT yang mulai dibangun pada tahun 2012. Artinya, saat merencanakan gedung tersebut masih menggunakan standarisasi yang berlaku saat itu, yakni SNI 1726-2002. Sekarang, gedung tersebut akan dianalisis menggunakan metode dinamik respons spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2019 yang terbaru.

NO	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
12	Wildan Akbar Zakarya1, Dandung Novianto, Taufiq Rochman.	Analisis ulang Stabilitas Konstruksi Bangunan Pelimpah Bendungan Bagong Trenggalek	Struktur pelimpah kemudian dimodelkan menggunakan software Staad.Pro V8i SS6	Dari perbedaan desain tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: beban- beban yang bekerja pada pelimpah, daya dukung tanah pelimpah, penurunan pelimpah, stabilitas pelimpah, penulangan pelimpah dan metode pelaksanaan pembangunan pelimpah.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

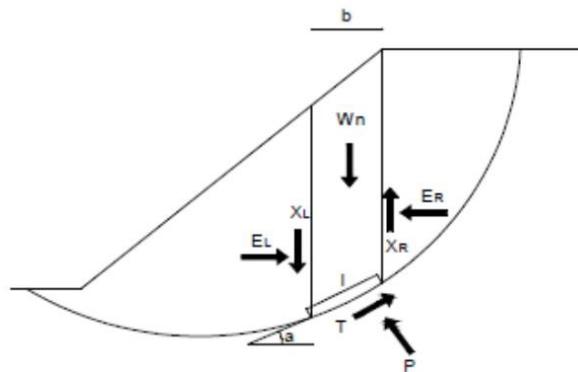
2.1 Bangunan Pelimpah

Bangunan pelimpah merupakan salah satu item vital dalam sebuah bendungan karena tampungan air dalam suatu bendungan bilamana terjadi over kapasitas tampungan, air tersebut melimpas melewati bangunan pelimpah. Stabilitas bangunan pelimpah harus terdesain dengan baik agar dapat menopang debit limpasan dari over tampungan bendungan. Stabilitas Lereng dan stabilitas struktur harus diperhitungkan dengan matang baik untuk menopang aliran limpasan bendungan, aliran dari cuaca yang ekstrim misalkan hujan dengan curah yang tinggi, dan kemungkinan terjadinya bencana gempa.

2.2 Stabilitas

2.2.1 Stabilitas Lereng

Analisa kestabilan lereng didasarkan pada konsep cara analisa keseimbangan batas, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser yang diperlukan untuk mempertahankan kestabilan lereng dan dibandingkan dengan kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran.¹³ Morgenstern-Price adalah metode umum irisan yang dikembangkan berdasarkan keseimbangan batas. Ini membutuhkan keseimbangan gaya dan momen yang memuaskan yang bekerja pada blok individu. Blok dibuat dengan membagi tanah di atas permukaan slip dengan membagi bidang. Gaya yang bekerja pada blok individu ditampilkan pada gambar berikut,



Gambar 2. 1 Skema statis metode Morgenstern-Price

Pilihan sudut kemiringan δ_i gaya E_i yang bekerja di antara blok direalisasikan dengan bantuan fungsi Setengah sinus - salah satu fungsi pada gambar berikut dipilih secara otomatis. Pilihan bentuk fungsi ini memiliki pengaruh kecil pada hasil akhir, tetapi pilihan yang sesuai dapat meningkatkan konvergensi metode. Nilai fungsional fungsi setengah sinus $f(x_i)$ pada titik batas x_i dikalikan dengan parameter λ menghasilkan nilai sudut kemiringan δ_i .

$$z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} [E_{i+1}(\sin \delta_{i+1} - \cos \delta_{i+1} \tan \alpha_i) + E_i(\sin \delta_i - \cos \delta_i \tan \alpha)] + E_i z_i \cos \delta_i - M1_i + K_h W_i (y_M - y_{gi})}{E_{i+1} \cos \delta_{i+1}}$$

Rumus ini memungkinkan kita untuk menghitung semua lengan z_i dari gaya yang bekerja antara blok untuk nilai δ_i yang diberikan, mengetahui nilai di sebelah kiri pada asal permukaan slip, di mana $z_1 = 0$. Pada lokasi penelitian, lereng dari bangunan pelimpah ter desain dengan kemiringan 1:08 memiliki ketinggian 33 meter, terbagi menjadi 7 slope dengan jarak per slope 5,5 meter.

2.2.2 Stabilitas Struktur

Dalam bidang konstruksi Tanah adalah suatu media pijakan inti dari sebuah bangunan. Struktur Tanah yang sebagian banyak terdapat lempung didalam komponennya adalah bersifat Monmorillonite. Tingkat stabilitas tanah yang bersifat Montmorillonite terbilang kurang bagus terhadap daya topang infrastruktur bangunan. ¹⁴ Struktur pada dinding bangunan pelimpah lokasi penelitian menggunakan struktur Gravitywall yang berfungsi untuk menahan tekanan tanah aktif karena adanya perbedaan elevasi yaitu untuk menahan tebing di belakangnya.

2.3 Kondisi Geologi

2.3.1 Geologi Regional

Daerah penelitian terletak di Kabupaten Semarang. Batuan penyusun Kabupaten Semarang ini didominasi oleh batuan sedimen dan batuan gunung api pada bagian permukaannya. Gabungan batuan tersebut termasuk dalam sifat jenis batuan relatif lulus air dimana kemampuannya meresapkan air hujan tergolong besar. Jenis pelapukan batuan ini relatif rawan terhadap gerakan tanah bila mendapatkan curah hujan yang tinggi.



Gambar 2. 3 Peta Geologi Bendungan Jragung, (DED Tahun 2019)

Terdapat 8 titik pengeboran investigasi geologi pada area bangunan pelimpah, dari hasil pengeboran didapat 2 satuan batuan yaitu satuan batulempung dan satuan batupasir. Berdasarkan korelasi hasil pengeboran didapatkan penampang geologi dan geologi teknik memanjang as bangunan pelimpah. pada area mercu sampai dengan chuteway fondasi tersusun oleh lapisan batuan kelas CM-CL s/d CM, pada area *chuteway* sampai dengan *connection channel* fondasi tersusun oleh lapisan batuan kelas CL s/d D.

7.2 Spillway

Spillway will be placed at left abutment but out side of the dam body. Overflow section of the spillway is set at the near BR5 (el.+121m on the ground surface). Chute-way goes to northward for 650m long and to reach Jagrug River at el + 45m.

The results of drilling core of BR-5 shows that soft brown silty clay is found about up to 1.5m deep and the bed rock of claystone is observed below the clay at el + 119.5m. The soil shall be excavated in order to place the spillway structures directly on the bed rock of claystone.

From 1.5m (el. + 119.5m) to 70m (el. + 51m), the foundation consists of gray moderately hard of claystone and some alternation with thin layers of light brown fine grained hard and fresh sandstone. The rock grade is mostly CL – CM, with Lugeon value mostly $5 < Lu < 10$.

Outcrops of slightly weathered to fresh claystone intercalation with sandstone is often observed on the ground surface along the spillway line.

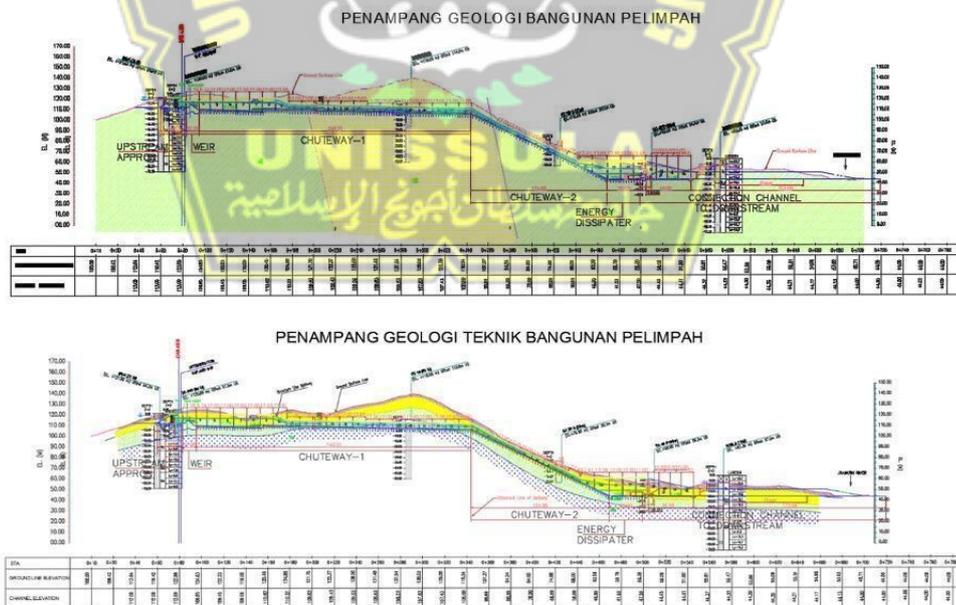
Periphery of BSW 2 (el. + 63.5m) at downstream of spillway, the soil overburden is found up to about 5m deep and then reach to the bedrock of fresh and hard claystone alternation with sandstone (CL – CM class).

The results of laboratory tests conducted by Virama Karya (2014) show the average compressive strength of claystone is 24 kg/cm² , and sandstone is 46 kg/cm².

ECI (1979) reported that the engineering properties of the foundation is:

- Saturated Density (gr / cm ³)	2.2
- Effective Stresses cohesion c' (kg / cm ²)	0.7
- Internal friction angle ϕ' (degrees)	25

Gambar 2. 4 Jenis Batuan , Sumber : Engineering Design Report, 2019 (EDR 2-4 Dam)

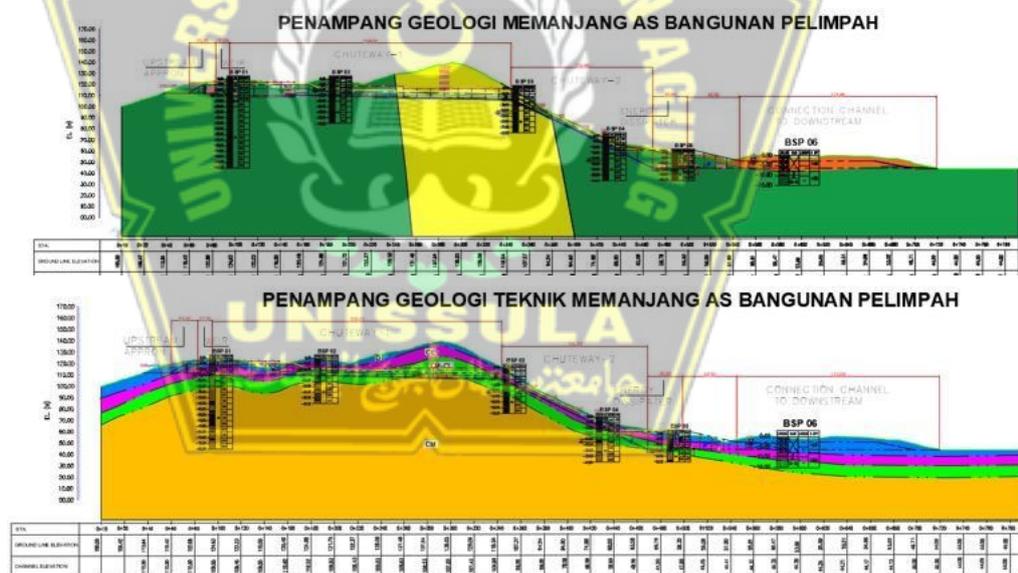


Gambar 2. 5 Penampang Geologi dan Geologi Teknik Memanjang Bangunan Pelimpah, (DED Tahun 2019)

2.3.1 Geologi Struktur

Pemetaan dan pengeboran investigasi geologi dilaksanakan pada beberapa area bangunan pelimpah yaitu area mercu, chuteway, stilling basin dan connection channel. Berdasarkan hasil pemetaan geologi didapat 3 jenis satuan yaitu satuan batulempung, satuan batupasir dan satuan kollovial soil.

Pengeboran investigasi geologi dilakukan sebanyak 8 titik yang terbagi 6 titik pada as bangunan pelimpah dan 2 titik pada lereng sisi kiri connection channel. Dari hasil pengeboran didapat 3 jenis satuan yaitu satuan batulempung, satuan batupasir dan satuan kollovial soil. Berdasarkan korelasi hasil pengeboran didapatkan penampang geologi dan geologi teknik memanjang as bangunan pelimpah, pada area mercu sampai dengan chuteway fondasi tersusun oleh lapisan batuan kelas CL s/d CM-CL, pada area chuteway sampai dengan connection channel fondasi tersusun oleh lapisan batuan kelas CL s/d D.



Gambar 2. 6 Profil Tanah dan Geologi Memanjang Bangunan Pelimpah, Tahun 2021

Secara umum fondasi bangunan pelimpah berada pada lapisan batuan yang sudah cukup layak sebagai fondasi, namun pada beberapa area dijumpai satuan lapisan kollovial soil pada fondasi dan juga pada lereng. Kollovial soil merupakan akumulasi material longsoran dari pelapukan batupasir dan batulempung yang telah mengalami transportasi akibat gaya gravitasi sehingga terendapkan namun belum terkompaksi.

Lapisan kollovial soil tersusun oleh fragmen batuan berukuran lempung, pasir halus sampai bongkah pelapukan dari batupasir, batulempung dan batulanau, lapisan bersifat lepas atau belum terkonsolidasi dengan baik, kohesi antar fragmen batuan sangat rendah.¹⁵ Kollovial soil memiliki sifat properties unit weight 1.56-1.69 gr/cm³, specific gravity 2.62-2.68 gr/cm³ dan sifat mekanik N SPT 8-50, sudut geser dalam (ϕ) 15.4°-16.1°, kohesi (c) 0.01 kg/cm² dan nilai kuat tekan (qu) 5.73-19.82 kg/cm². Pada elevasi galian sesuai desain fondasi peluncur/chuteway bangunan pelimpah dijumpai lapisan kollovial soil.

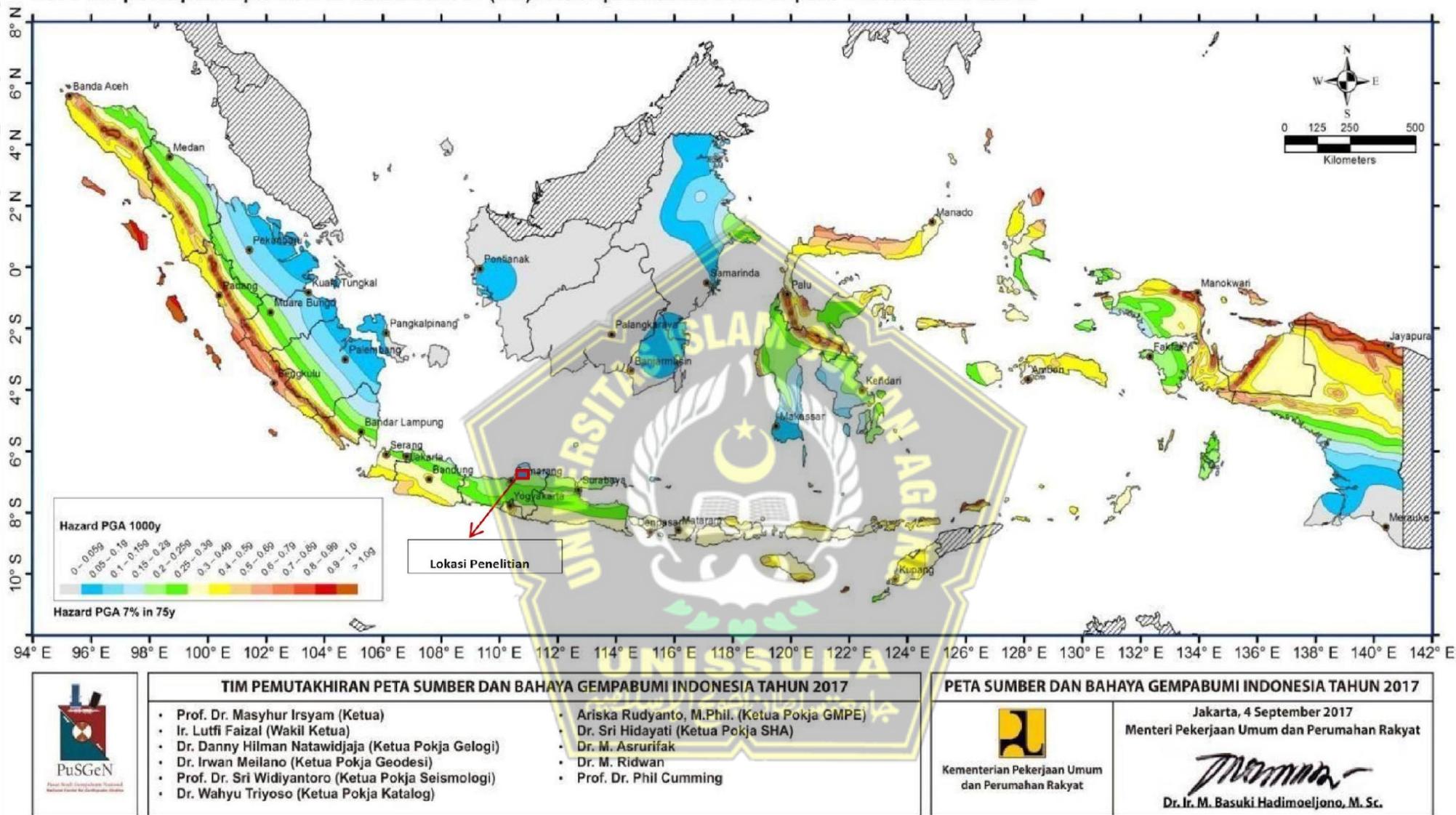
- a. Berdasarkan hasil penyelidikan lanjutan yang dilakukan berupa sumur uji atau test pit, dijumpai lapisan kollovial soil memiliki ketebalan \pm 8 m dari elevasi rencana fondasi area transisi fondasi timbunan peluncur/chuteway bangunan pelimpah.
- b. Lapisan kollovial soil tidak direkomendasi sebagai fondasi bangunan dikarenakan berpotensi adanya perbedaan penurunan atau differential settlement. Rekomendasi penanganan perlu dilakukan perbaikan fondasi dengan pengupasan seluruh lapisan kollovial soil kemudian diganti dengan dental concrete.
- c. Nilai strength material pengganti lapisan kollovial tidak boleh berbeda jauh terhadap nilai strength batuan di sekitarnya.

Pengaruh beban gempa juga harus diperhitungkan apabila berada di daerah rawan gempa dan dibangun di dekat pemukiman atau dibangun dengan kriteria kepentingan strategis yaitu dengan kondisi tidak boleh mengalami keruntuhan.¹⁴ Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik, menjelaskan bahwa koefisien seismik gempa untuk rencana lereng dan timbunan

ditetapkan dengan kemungkinan terlewatinya besarnya selama umur rencana 50 tahun adalah 2% atau periode ulang 500 tahun. Kriteria perancangan gempa untuk infrastruktur bendungan menggunakan umur rencana 100 Tahun, angka probabilitas terlampaui. Data tersebut belum tersedia dalam katalog Peta Sumber dan Bahaya Gempabumi yang dikeluarkan oleh Pusgen (2017) sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut. Kemudian untuk menganalisis penelitian ini dari stabilitas lereng maupun stabilitas struktur bangunan pelimpah menggunakan Pusgen 2017 seperti terlihat pada gambar 2.6



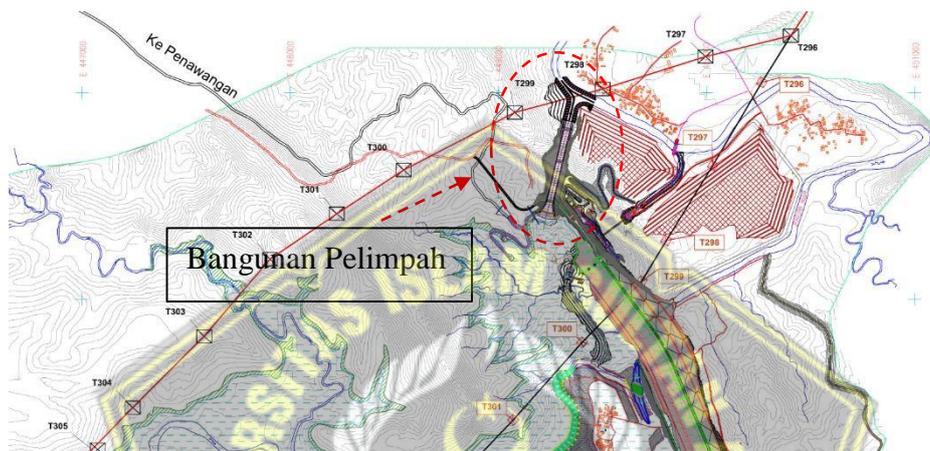
D7: Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



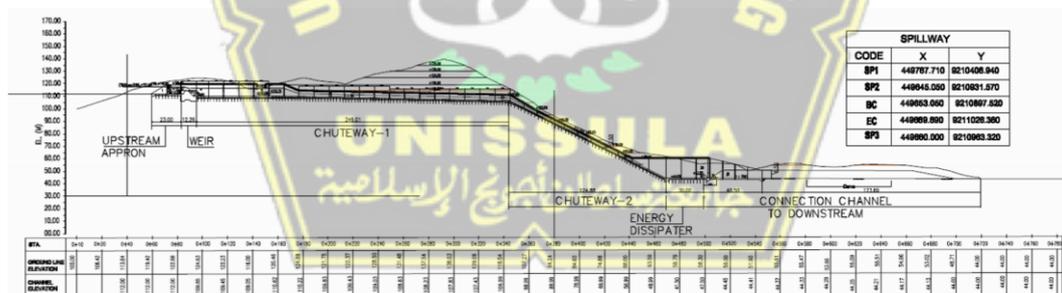
Gambar 2. 7 Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun

2.4 Desain Bangunan Pelimpah

Desain bangunan pelimpah pada bendungan Jragung menggunakan tipe Ogee tipe II, panjang total Pelimpah ±439 meter yang terbagi dari Apron, Mercu, Chutway I, Chutway II, dan Chutway III dengan elevasi ambang ±115 dan lebar ambang 60 m yang berbentuk melengkung. Desain struktur Engineering bangunan Pelimpah Bendungan Jragung yang dikerjakan oleh PT. INDRA KARYA (PERSERO) dikerjakan pada tahun 2019, yang saat ini dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.



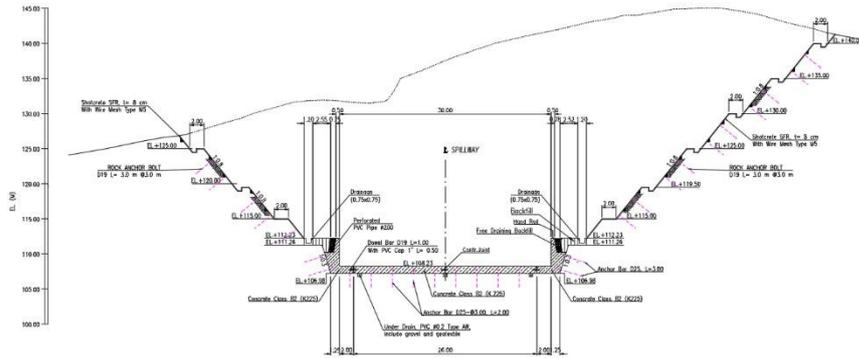
Gambar 2. 8 Denah dan tata letak Bangunan Pelimpah



Gambar 2. 9 Potongan memanjang Bangunan Pelimpah

2.4.1 Lereng Bangunan Pelimpah

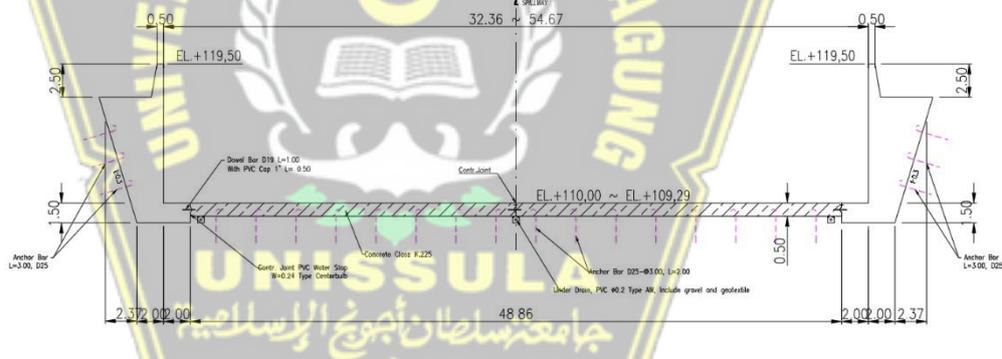
Desain lereng pada bangunan pelimpah memiliki kemiringan 1:08 dengan ketinggian 33 meter, terbagi menjadi 7 berm dengan jarak per berm 5,5 meter. Pada permukaan lereng terdapat perkuatan shotcrete dengan tulangan wiremesh M5 dan di topang menggunakan Rockbolt kedalaman 3 meter di pasang dengan ratio 45°.



Gambar 2. 10 Desain Lereng Bangunan Pelimpah

2.4.2 Dinding Bangunan Pelimpah

Desain struktur dinding Bangunan Pelimpah menggunakan Gravity wall yang berfungsi untuk menahan tekanan tanah aktif karena adanya perbedaan elevasi yaitu untuk menahan tebing di belakangnya. Tinggi gravity wall 10.5 meter dengan panjang kaki 4 meter terdapat sayap pada punggung dengan tinggi 8 meter dan lebar sayap atas 4 meter mengecil menuju kaki Gravity wall dan ketebalan pada kepala gravity wall dengan tebal 50 cm.



Gambar 2. 11 Desain dinding bangunan pelimpah (Gravity wall)

2.5 Desain Perubahan Bangunan Pelimpah

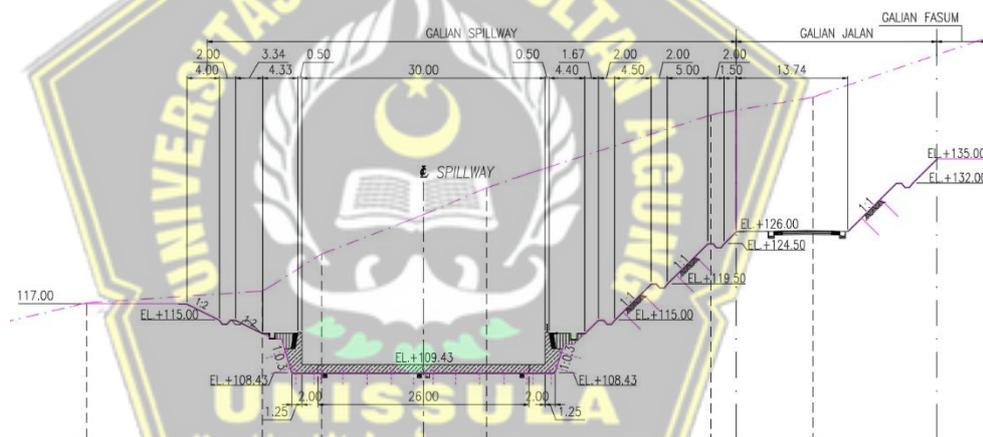
Pelimpah (Spillway) merupakan salah satu bangunan pelengkap dari bendungan yang berfungsi sebagai pengaman terhadap bahaya air banjir yang melimpas diatas bendungan (overtopping). Selain itu, bangunan pelimpah juga berfungsi agar debit hujan rancangan yang terjadi cepat mengalir sehingga debit air tidak sempat meluas. Karakteristik aliran yang melewati bangunan pelimpah akan tergantung kepada bentuk dan sifat pelimpah itu sendiri. Untuk kepentingan bangunan air seperti bendungan dan

bangunan air lainnya maka perihal karakteristik aliran sangatlah penting untuk menentukan bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya. ² Perubahan desain pada bangunan pelimpah mengacu pada hasil dari investigasi pengeboran geologi pada lokasi penelitian yang didapat hasil 3 jenis satuan yaitu, satuan batu lempung, satuan batu pasir dan satuan kollovial soil.

Dari investigasi geologi yang dilakukan desain pada lereng dan dinding bangunan pelimpah tidak dapat diterapkan karena memiliki bidang gelincir yang sangat besar. Maka dari itu perlu adanya modifikasi desain dengan mempertimbangkan dari geologi pada lokasi penelitian.

2.5.1 Desain Perubahan Lereng Bangunan pelimpah

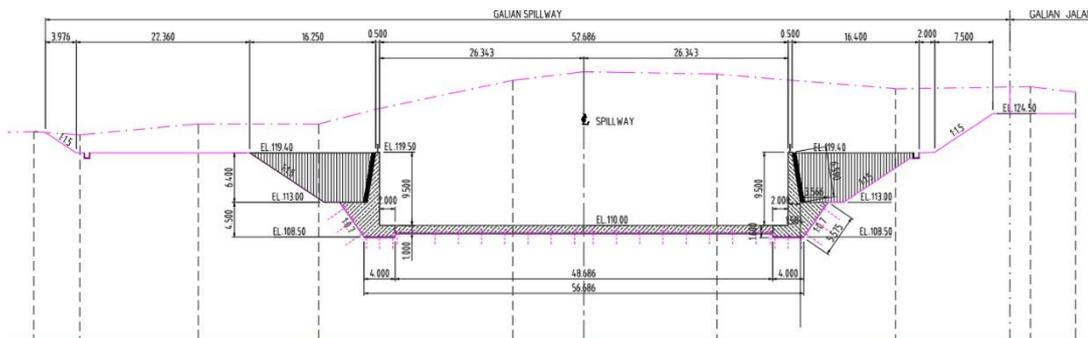
Dilakukan modifikasi dengan melandaikan kemiringan pada lereng dengan kemiringan 1:1, ketinggian 33 meter, terbagi menjadi 6 berm dengan jarak per berm 5,5 meter. Pada permukaan lereng terdapat perkuatan shotcrete dengan tulangan wiremesh M5 dan di topang menggunakan Rockbolt kedalaman 3 meter di pasang dengan ratio 45°.



Gambar 2. 12 Desain Perubahan Lereng Bangunan Pelimpah

2.5.2 Desain Perubahan Dinding Bangunan Pelimpah

Dengan dilakukan pelandaian pada lereng bangunan pelimpah berpengaruh terhadap sayap dinding bangunan pelimpah, maka dari itu perlu adanya modifikasi terhadap dinding bangunan pelimpah yang menjadi, tinggi gravity wall 9.5 meter dengan panjang kaki 4 meter terdapat sayap pada punggung dengan tinggi 5 meter, dan lebar sayap atas 3.5 meter mengecil menuju kaki Gravity wall, dan ketebalan pada kepala gravity wall dengan tebal 50 cm.



Gambar 2. 13 Desain Perubahan dinding Bangunan Pelimpah

2.6 Acuan Teknis Desain

Sesuai norma standar pedoman dan manual teknik sipil yang berlaku khususnya di Indonesia dan internasional secara umum, digunakan referensi teknis sebagai berikut.

- a. Jean-Pierre Franc dan Jean-Marie Michel, *Fundamental of Cavitations*, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- b. Joseph E Bowles, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, 1991.
- c. SNI 8460:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik.
- d. Morgenstern dan Price, 1965, *Keseimbangan batas umum hubungan antara gaya geser-irisan*.
- e. SNI 03-2847-2002 *Tata Cara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- f. *Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan 06 Bagian Parameter Bangunan*, 2013.
- g. SNI 2052-2017 *Baja Tulangan Beton*
- h. SNI 1726:2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- i. SNI 1727:2020 *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.

2.7 Sistematika Pemodelan Perubahan Desain

Dalam melakukan modifikasi desain pada lereng dan dinding pada bangunan pelimpah dilakukan dengan pendekatan rekayasa konstruksi dengan pemodelan yang dibantu dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20.

Pemodelan stabilitas yang dilakukan menggunakan metode Morgenstern-Price. Metode ini adalah salah satu metode yang berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965, dimana proses analisisnya merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya. Dalam metode ini, dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan dan gaya normal di sekitar irisan dengan persamaan Morgenstern-Price (1965).¹³

2.8 Sistem Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dengan pemodelan perangkat lunak Geo5 v20 pada lereng dan dinding bangunan pelimpah, dimodelkan dari data Geologi pada bangunan pelimpah dan data standar pedoman dalam pelaksanaan konstruksi bangunan sesuai norma standar pedoman pada acuan teknis desain.

Dari data yang ada, dilakukan rekayasa konstruksi pada pemodelan desain yang tersertifikasi, dan pemodelan desain perubahan pada lereng maupun dinding bangunan pelimpah yang dibantu dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20. Dari simulasi yang dilakukan terdapat perubahan desain yang signifikan, sehingga lereng dan dinding bangunan pelimpah dapat dilaksanakan dengan baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengertian Umum

Menurut Wiliam N. Dunn (1981), metodologi diartikan sebagai studi sistematis kualitatif atau kuantitatif dengan berbagai metode dengan teknik analisis. Beberapa analisis ilmiah dapat diterapkan melalui analisis kualitatif dan dapat pula menggunakan analisis kuantitatif. Kedua analisis tersebut dapat digunakan untuk saling melengkapi dan saling mengoreksi sejauh mana ketepatan analisisnya.

Pada penelitian tesis ini dilakukan pengumpulan data sekunder yang diambil dari literatur penelitian sebelumnya dan pengambilan data lapangan dimana data tersebut ada di kontraktor maupun supervisi yang ada di lokasi penelitian kemudian peneliti meminta izin data agar data tersebut dapat digunakan untuk melakukan penelitian ini.

3.2 Tahapan Pendahuluan

Pada tahap pendahuluan ini dilakukan pengumpulan informasi mengenai lokasi yang akan dilakukan penelitian, kemudian dilakukan analisis terhadap lokasi tersebut. Adapun yang dilakukan pada pekerjaan pendahuluan ini adalah :

- a. Menentukan topik penelitian terkait dengan permasalahan Desain stabilitas tebing dan cantilever pada Bangunan Pelimpah Bendungan Jragung.
- b. Melakukan studi pustaka terkait dengan topik penelitian dan lokasi penelitian, dengan tujuan untuk mengetahui gambaran kondisi geologi daerah penelitian dengan cara mempelajari geologi teknik regional, dan potensi kerentanan tanah.
- c. Analisis dengan menggunakan perangkat lunak Geo5 v20 (student) untuk dapat mengetahui kestabilan konstruksi pada bangunan pelimpah.
- d. Persiapan bahan dan peralatan untuk melakukan penelitian di lapangan.

3.3 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat yang digunakan dalam penelitian adalah, perangkat lunak Geo5 v20 (student) kemudian bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah, Peta

topografi skala 1 : 2.000, Peta geologi regional lembar Salatiga, Jawa Tengah skala 1 : 100.000, hasil pengeboran titik BSP lokasi penelitian Bangunan pelimpah.

3.4 Tahapan Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini jenis pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan menggunakan data Sekunder yaitu data dari laporan, penyedia jasa lokasi penelitian, konsultan, dan balai besar wilayah sungai pemali juwana. Diantaranya adalah data geologi, data gambar desain, dan beberapa data yang dikumpulkan dari buku, jurnal, maupun artikel.

3.5 Teknik Pengumpulan data

Untuk memperoleh data yang diperlukan sebagai landasan dalam penelitian maka penulis melakukan pengumpulan data dari lapangan, dengan menggunakan 2 metode yaitu :

- a. Observasi non partisipasi, adalah suatu proses pengamatan yang tidak langsung terjun dilapangan, didapatkan dari data laporan sehingga penulis dapat memperkuat data yang ada.
- b. Studi pustaka, dengan mengumpulkan data yang relevan baik melalui dari buku, jurnal, maupun artikel ilmiah.

3.6 Tahapan Analisis

3.6.1 Analisis Data

Berdasarkan data sekunder yang diperoleh maka selanjutnya dilakukan rekayasa konstruksi dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student) untuk merencanakan kestabilan lereng, dan dinding pada bangunan pelimpah. Tahapan analisis data dalam penelitian ini, meliputi beberapa hal sebagai berikut :

3.6.2 Analisis Parameter kekuatan massa batuan.

Analisis parameter kekuatan massa batuan dilakukan berdasarkan hasil pengeboran titik BSP yang berada pada lokasi penelitian Bangunan pelimpah, yang mendapatkan hasil lapisan satuan batuan dengan kelas CL s/d D dan satuan batuan dengan kelas CL s/d D.

Tabel 3. 1 Parameter kekuatan massa batuan

KLASIFIKASI	DESKRIPSI	SIFAT TEKNIS
D	Batuan yang telah mengalami pelapukan tinggi- sempurna namun masih tersisa tekstur batuan induk. Bagian sementasi yang sangat rendah, kohesi sangat rendah, berukuran lempung-kerkil, permeabilitas tinggi, berupa material lepas, kekerasan relatif lunak.	N SPT : 20-40 ϕ : 11.05° c : 0.01 kg/cm ² Sg : 2.681 gr/cm ³ Unit weight : 1.99 gr/cm ³
CL	Batuan dengan pelapukan sedang sampai tinggi, tekstur batuan induknya masih tersisa, butir mineral tidak terurai, bagian sementasi rendah, kohesi sedang-rendah, permeabilitas tinggi, kekerasan sedang- sampai lunak.	N SPT : 40-50 ϕ : 23.67° c : 0.17 kg/cm ² Sg : 2.666 gr/cm ³ Unit weight : 1.92 gr/cm ³
CL-CM	Sedikit lapuk sampai lapuk sedang, terdiri dari batulempung dan batupasir, permeabilitas menengah, lapuk di bidang kontak lapisan. Kelas dengan tingkat sementasi sedang ini mengandung bagian sedikit lapuk sampai relatif lapuk, memiliki kekerasan yang menengah.	N SPT : >50 ϕ : 24.72° c : 0.16 kg/cm ² Sg : 2.668 gr/cm ³ qu : 23.67 kg/cm ² Unit weight : 1.96 gr/cm ³
CM	Terdiri dari batulempung, batulanau dan batupasir mengalami sedikit pelapukan sampai batuan segar, permeabilitas rendah, lapuk di bidang kontak lapisan. Kelas dengan tingkat sementasi tinggi ini mengandung bagian segar sampai sedikit lapuk, memiliki kekerasan yang seragam.	N SPT : >50 ϕ : 25.99° c : 1.24 kg/cm ² Sg : 2.664 gr/cm ³ qu : 33.49 kg/cm ² Unit weight : 2.15 gr/cm ³

3.6.3 Analisis Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah

Analisis stabilitas lereng pada bangunan pelimpah mengacu pada SNI 8460-2017 stabilitas lereng, dengan nilai faktor keamanan 1.5. rekayasa konstruksi yang dilakukan pada stabilitas lereng bangunan pelimpah menggunakan metode Morganstern-price, yaitu kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.

3.6.4 Analisis Dinding Bangunan Pelimpah

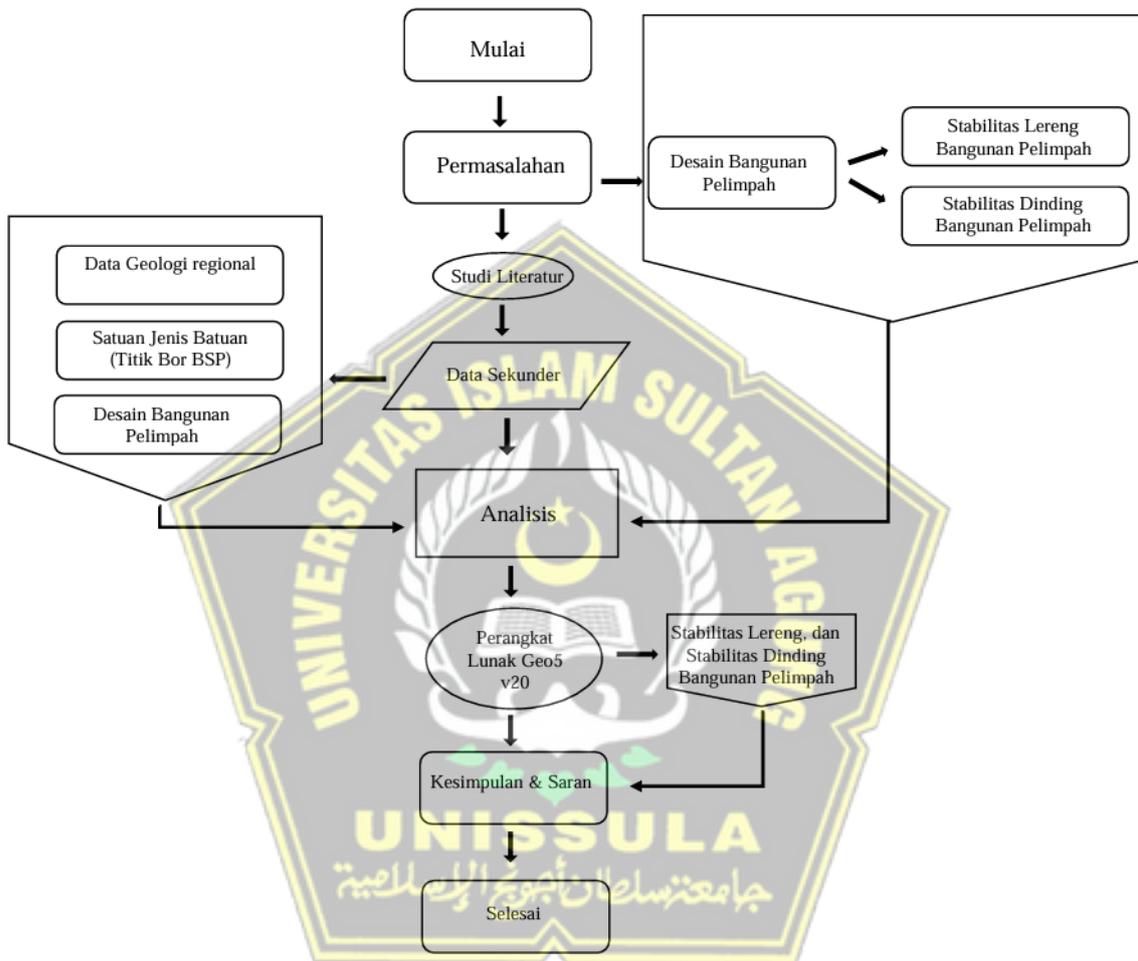
Analisis dinding pada bangunan pelimpah mengacu pada standar keaman dinding atau safetyfaktor sesuai SNI 1726:2019.¹⁷ Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Faktor keamanan yang akan dipakai dalam penelitian ini sebagaimana disebutkan dalam tabel 3.2 Faktor keaman.

Tabel 3. 2 Faktor keamanan

Faktor keamanan Situasi desain permanen		
Faktor keamanan untuk terguling	Faktor Keamanan	1.50
Faktor keamanan untuk ketahanan geser	Faktor Keamanan	1.50
Faktor keamanan daya dukung	Faktor Keamanan	1.50

3.7. Tahapan Pelaporan

Tahapan akhir dari pelaksanaan penelitian ini adalah pelaporan yang berisi semua tahapan yang dilakukan dengan mengacu pada standar penulisan tesis dari Buku Pedoman Penyusunan dan Penulisan Tesis, Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung. Tahapan penelitian ini dapat dilihat secara ringkas pada diagram alir seperti terdapat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Diagram alir Penelitian Tesis

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

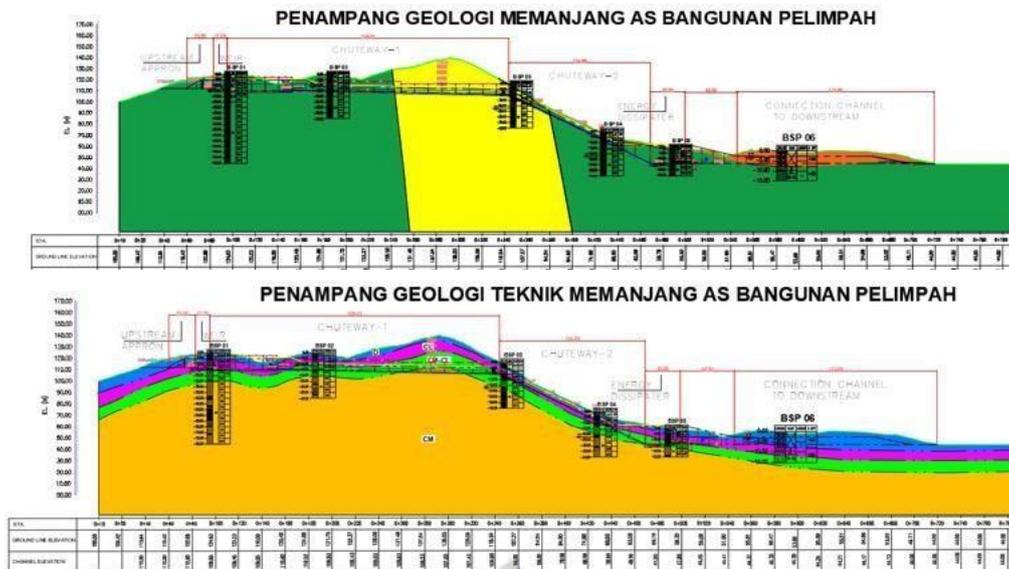
4.1 Analisis Stabilitas

Analisis pada stabilitas bangunan pelimpah sangat diperlukan, bangunan pelimpah adalah salah satu item penting dalam sebuah bendungan. Analisis stabilitas bangunan pelimpah difokuskan pada analisis stabilitas lereng dan stabilitas dinding, Rekayasa konstruksi yang di modelkan dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student) menjadi acuan dalam penelitian ini.

Dari desain awal pada pelaksanaan konstruksi yang dilakukan, menghasilkan stabilitas yang kurang bagus, karena batuan pada lokasi penelitian terdapat satuan kollovial yang dapat mempengaruhi stabilitasnya, maka dari itu dilakukan perubahan desain pada lereng dan tebing bangunan pelimpah. Pelandaian kemiringan pada lereng bangunan pelimpah sangat perlu dilakukan agar pelaksanaan konstruksi dapat dilaksanakan.

4.2 Kondisi Geologi Bangunan Pelimpah

Pemetaan dan pengeboran investigasi geologi dilaksanakan pada beberapa area bangunan pelimpah yaitu area mercu, chuteway, stilling basin dan connection channel. Berdasarkan hasil pemetaan geologi didapat 3 jenis satuan yaitu satuan batulempung, satuan batupasir dan satuan kollovial soil. Pengeboran investigasi geologi dilakukan sebanyak 8 titik yang terbagi 6 titik pada as spillway dan 2 titik pada lereng sisi kiri connection channel. Dari hasil pengeboran didapat 3 jenis satuan yaitu satuan batulempung, satuan batupasir dan satuan kollovial soil. Berdasarkan korelasi hasil pengeboran didapatkan penampang geologi dan geologi teknik memanjang as spillway, pada area mercu sampai dengan chuteway fondasi tersusun oleh lapisan batuan kelas CL s/d CM-CL, pada area chuteway sampai dengan connection channel fondasi tersusun oleh lapisan batuan kelas CL s/d D.



Gambar 4. 1 Penampang Geologi Bangunan Pelimpah

4.2.1 Klasifikasi Jenis Batuan

Berdasarkan Central research institute of electric power industry (CIREPI) bahwasanya klasifikasi batuan dibagi menjadi beberapa kelas satuan. Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan pada lokasi penelitian terdapat kelas satuan,

- a. Batuan yang telah mengalami pelapukan tinggi sampai sempurna namun masih tersisa tekstur batuan induk, bagian sementasi yang sangat rendah, kohesi sangat rendah, berukuran lempung sampai kerikil, permeabilitas tinggi berupa material lepas, kekerasan relative lunak atau disebut klasifikasi D
- b. Batuan dengan pelapukan sedang atau tinggi, tekstur batuan induknya masih tersisa, butir mineral tidak terurai bagian sementasi rendah, kohesi sedang sampai rendah, Permeabilitas tinggi, kekerasan sedang sampai lunak atau disebut klasifikasi CL.
- c. Batuan dengan sedikit lapuk sampai lapuk sedang, terdiri dari batu lempung dan batu pasir, permeabilitas menengah, lapuk dibidang kontak lapisan atau disebut klasifikasi CL-CM.
- d. Batuan yang terdiri dari batu lempung, batu lanau, dan batu pasir mengalami sedikit pelapukan sampai batuan segar, permeabilitas rendah, lapuk dibidang kontak lapisan atau disebut klasifikasi CM.

Tabel 4. 1 Klasifikasi Jenis Batuan

KLASIFIKASI	DESKRIPSI
D	Batuan yang telah mengalami pelapukan tinggi-sampurna namun masih tersisa tekstur batuan induk. Bagian sementasi yang sangat rendah, kohesi sangat rendah, berukuran lempung-kerkil, permeabilitas tinggi, berupa material lepas, kekerasan relatif lunak.
CL	Batuan dengan pelapukan sedang sampai tinggi, tekstur batuan induknya masih tersisa, butir mineral tidak terurai, bagian sementasi rendah, kohesi sedang-rendah, permeabilitas tinggi, kekerasan sedang- sampai lunak.
CL-CM	Sedikit lapuk sampai lapuk sedang, terdiri dari batulempung dan batupasir, permeabilitas menengah, lapuk di bidang kontak lapisan. Kelas dengan tingkat sementasi sedang ini mengandung bagian sedikit lapuk sampai relatif lapuk, memiliki kekerasan yang menengah.
CM	Terdiri dari batulempung, batulanau dan batupasir mengalami sedikit pelapukan sampai batuan segar, permeabilitas rendah, lapuk di bidang kontak lapisan. Kelas dengan tingkat sementasi tinggi ini mengandung bagian segar sampai sedikit lapuk, memiliki kekerasan yang seragam.

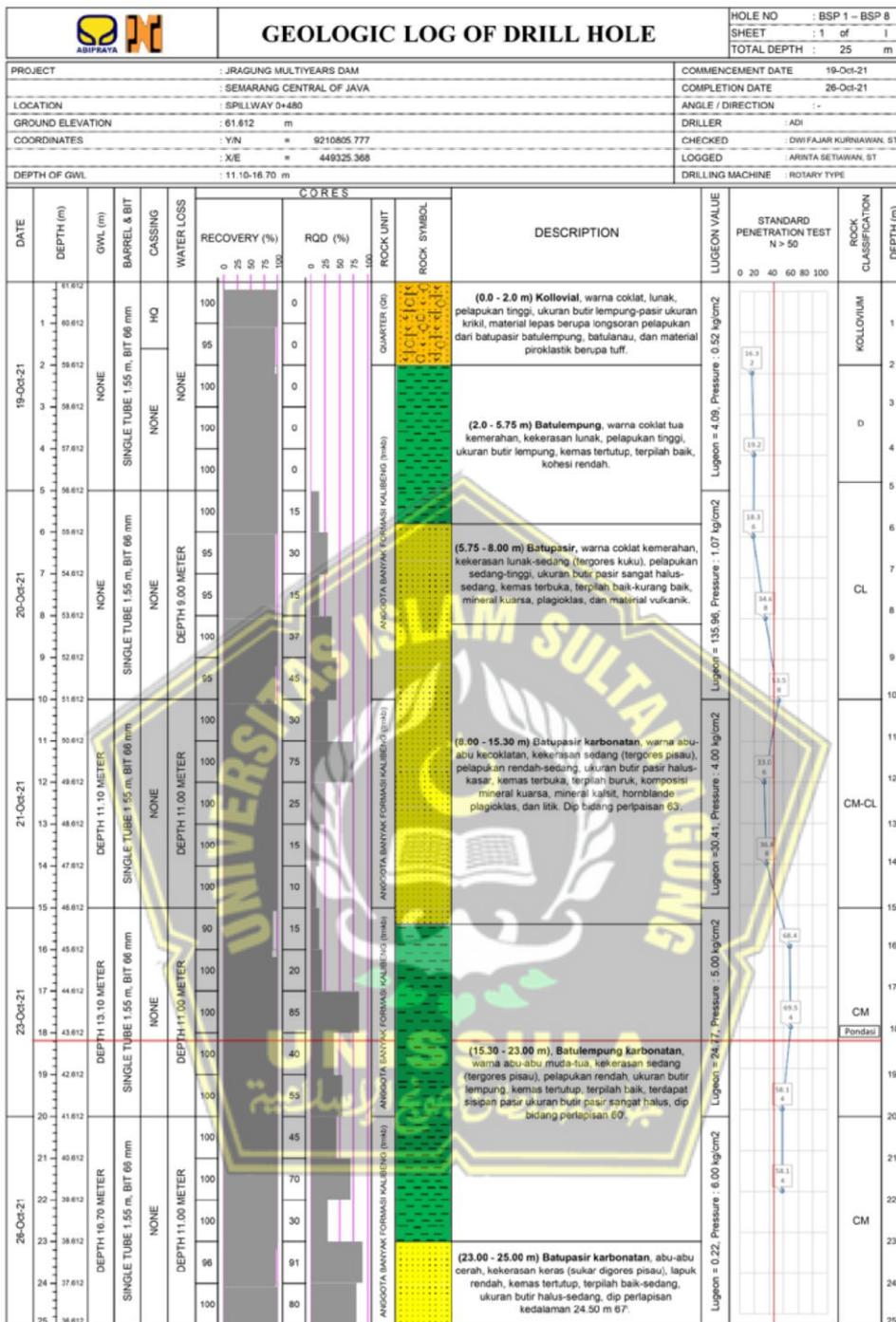
Sumber : Central research institute of electric power industry (CIREPI)

4.2.2 Data Pengeboran Titik BSP

Berdasarkan data sekunder yang didapat, pengeboran lokasi penelitian dilakukan dengan kedalaman 0.00 – 25.00 meter dengan asumsi kondisi batuan seperti pada Tabel 4.2 Pengeboran Titik BSP



Tabel 4. 2 Pengeboran Titik BSP



4.2.2.1 Titik Bor BSP 01

Pada kedalaman (0.00 - 3.00 m) Residual Soil, warna coklat muda, lunak (mudah ditekan jempol), pelapukan sangat tinggi (butiran sudah terurai), pelapukan dari batulempung, batulanau, dan batupasir, ukuran butir lempung-pasir kasar, terpilah buruk, kohesi rendah. Pada kedalaman (3.00 - 7.00 m). Batulempung perselang-selingan

batupasir dan batulanau, warna coklat muda, lunak (mudah ditekan jempol), pelapukan tinggi, pelapukan dari batulempung, batulanau, dan batupasir, ukuran butir lempung-pasar kasar, terpilah buruk, kohesi rendah. Pada kedalaman (7.00 - 14.00 m) Batulempung, warna abu-abu kecoklatan, kekerasan lunak-sedang (tergores kuku), pelapukan sedang-tinggi, ukuran butir lempung, terpilah baik, kemas tertutup. Pada kedalaman (14.00 - 15.00 m) Batupasir, warna abu-abu, kekerasan sedang (sukar tergores kuku), pelapukan sedang, ukuran butir pasir halus, terpilah baik, kemas tertutup. Pada kedalaman (15.00 - 24.00 m) Batulempung, warna abu-abu kekerasan sedang (sukar tergores kuku), pelapukan sedang, ukuran butir lempung, terpilah baik, kemas tertutup. pada kedalaman (24.00 - 25.00 m) Batulanau, warna abu-abu, kekerasan sedang (sukar tergores kuku), pelapukan sedang, ukuran butir lanau, terpilah baik, kemas tertutup.

4.2.2.2 Titik Bor BSP 02

Pada kedalaman (0.00 - 1.00 m) Residual Soil, warna coklat muda, lunak, pelapukan sangat tinggi (butiran sudah terurai), ukuran butir lempung-pasir kasar, terpilah buruk, kohesi rendah. Pada kedalaman (1.00 - 2.00 m) Batupasir, warna coklat muda, lunak (mudah ditekan jempol), pelapukan tinggi, ukuran butir pasir halus-pasir kasar, terpilah buruk, kohesi rendah, kelas batuan D. Pada kedalaman (2.00 - 7.00 m) Batulempung perselangselingan batupasir dan batulanau, warna coklat muda, kekerasan sedanglunak (dapat dipatahkan dengan jari), pelapukan sedang-tinggi, ukuran butir lempung- pasir sedang, terpilah buruk, terdapat material piroklastik berupa tuff, kohesi sedang kelas batuan CM s/d CL. Pada kedalaman (7.00 - 14.60 m) Batulempung sisipan batulanau, warna abu-abu kecoklatan, kekerasan lunak-sedang (tergores kuku), pelapukan sedang, ukuran butir lempunglanau, terpilah baik, kemas tertutup, struktur perlapisan, kontak dengan batupasir di kedalaman 7.00 m dengan dip 68° , kelas batuan CM s/d CL . Pada kedalaman (14.60 - 20.00 m) Batulempung sisipan batupasir (karbonatan), warna abuabu, kekerasan sedang (sukar tergores kuku), pelapukan sedang, ukuran butir lempungpasir halus, terpilah baik, kemas tertutup, struktur laminasi pada batupasir dan perlapisan pada batulempung, dip bidang perlapisan 65° , kelas batuan CM s/d CL. pada kedalaman (20 - 25 m) Batulempung sisipan batulanau (karbonatan), warna abu-abu, kekerasan sedang (dapat digores kuku), pelapukan rendah, ukuran butir lempung-lanau, terpilah baik, kemas tertutup kontak dengan batulanau di kedalaman 20.50 m dip 63° , kelas batuan CM s/d CL.

4.2.2.3 Titik Bor BSP 03

Pada kedalaman (0.00 - 1.00 m) Kollovial, warna coklat muda, lunak, pelapukan tinggi, ukuran butir lempung-pasir kasar, kohesi rendah, material lepas longSORan dari batulempung, batulanau, dan Batupasir. Pada kedalaman (1.00 - 2.00 m) Batupasir, coklat muda, lunak, pelapukan tinggi, ukuran butir pasir haluskasar, terpilah buruk, kemas terbuka, kohesi rendah, kelas batuan D. Pada kedalaman (2.00 - 5.00 m) Batupasir, warna coklat muda, kekerasan lunak-sedang (dapat digores dengan kuku), pelapukan tinggi, kemas terbuka, terpilah buruk, ukuran butir pasir halus-sedang, material kuarsa, lapukan plagioklas, litik, terdapat sisipan lapisan lempung pada kedalaman 3.50 - 4.50 m, kelas batuan CL. Pada kedalaman (5.00 - 10.00 m) Batulempung, warna coklat muda, kekerasan lunak-sedang (dapat digores dengan kuku), pelapukan tinggi, ukuran butir lempung-pasir halus, material terdapat sisipan lapisan batupasir dengan dip 82° pada kedalaman 9.85 - 10.00 m, kelas batuan CL. Pada kedalaman (10.00 - 15.00 m) Batupasir, warna coklat muda, kekerasan sedang (sukar digores dengan kuku), pelapukan sedang-tinggi, ukuran butir pasir halus- sedang, terpilah buruk, kemas terbuka, material kuarsa, plagioklas, hornblende, litik tuff, dan litik lempung. Dip kedalaman 10.45 m 72° , dip kedalaman 12.45 m 86° kekar 45° dan 20° , dip kekar kedalaman 13.0 m 30° dan 45° , dan dip lapisan kedalaman 14.45 m 86° . Kelas batuan CMCL. (15.00 - 16.00 m) Batupasir, warna abu-abu, kekerasan sedang (dapat digores dengan pisau), pelapukan sedang, ukuran butir pasir sedang-kasar, terpilah buruk, kemas terbuka, komposisi mineral kuarsa, plagioklas, litik lempung dan litik tuff, kelas batuan CM-CL. Pada kedalaman (16.00 - 20.60 m) Batulempung, warna abu-abu kecoklatan, kekerasan sedang (dapat digores dengan pisau), pelapukan sedang, ukuran butir lempung. Bidang perlapisan kedalaman 16.28 m 79° dan pada kedalaman 19.75 m 47° . Kelas batuan CMCL. Pada kedalaman (20.60 - 21.70 m) Batupasir, warna abu-abu cerah, kekerasan sedang (dapat digores dengan pisau). pelapukan sedang, ukuran butir pasir sangat halus- sedang, terpilah baik, kemas tertutup-terbuka, mineral kuarsa, plagioklas hornblende. Dip kontak pasir kedalaman 20.60m 81° ., kelas batuan CM.

4.2.2.4 Titik Bor BSP 04

Pada kedalaman (0.0 - 2.0 m) Kollovial, warna coklat muda, lunak, pelapukan tinggi, ukuran butir lempung-pasir kasar, material lepas berupa longSORan dari batulempung, batulanau, dan batupasir berukuran kerikil-kerakal. (2.00 - 5.00 m) Batulempung sisipan batupasir, warna coklat muda, kekerasan lunak (dapat ditekan jempol), pelapukan tinggi,

ukuran lempung-pasir sedang, kemas tertutup, terpilah sedang, kohesi rendah. (5.00 - 8.00 m) Batupasir, warna abu-abu kecoklatan, kekerasan lunak (dapat digores kuku), pelapukan tinggi, ukuran butir pasir halus-sedang, kemas terbuka, terpilah buruk, kohesi sedang- rendah. Kelas batuan D. (8.00 - 10.00 m) Batulempung, warna coklat , kekerasan lunak, pelapukan sedang-tinggi, kemas tertutup, terpilah baik. Kelas batuan D. pada kedalaman (10.00 - 20.00 m) Batulempung karbonatan, warna abu-abu muda, kekerasan sedang (sukar tergores kuku), pelapukan rendah, terpilah baik, kemas tertutup kelas batuan CM-CL. (20.00 m - 25.00 m) Batulempung karbonatan, warna abu-abu muda, kekerasan sedang (sukar tergores kuku), pelapukan rendah, terpilah baik, kemas tertutup. Terdapat dip perlapisan kedalaman 23.70 m 68° dan 24.60 m 71°. Kelas batuan CM.

4.2.2.5 Titik Bor BSP 05

Pada kedalaman (0.0 - 2.0 m) Kollovial, warna coklat, lunak, pelapukan tinggi, ukuran butir lempung-pasir ukuran krikil, material lepas berupa longoran pelapukan dari batupasir batulempung, batulanau, dan material piroklastik berupa tuff. Pada kedalaman (2.0 - 5.75 m) Batulempung, warna coklat tua, kemerahan, kekerasan lunak, pelapukan tinggi, ukuran butir lempung, kemas tertutup, terpilah baik, kohesi rendah, Kelas batuan D. (5.75 - 8.00 m) Batupasir, warna coklat kemerahan, kekerasan lunak-sedang (tergores kuku), pelapukan sedang-tinggi, ukuran butir pasir sangat halus- sedang, kemas terbuka, terpilah baik-kurang baik, mineral kuarsa, plagioklas, dan material vulkanik, kelas batuan CL. Pada kedalaman (8.00 - 15.30 m) Batupasir karbonatan, warna abu- abu kecoklatan, kekerasan sedang (tergores pisau), pelapukan rendah-sedang, ukuran butir pasir halus- kasar, kemas terbuka, terpilah buruk, komposisi mineral kuarsa, mineral kalsit, hornblende plagioklas, dan litik. Dip bidang perlpaisan 63°, kelas batuan CMCL. Pada kedalaman (15.30 - 23.00 m), Batulempung karbonatan, warna abu-abu muda-tua, kekerasan sedang (tergores pisau), pelapukan rendah, ukuran butir lempung, kemas tertutup, terpilah baik, terdapat sisipan pasir ukuran butir pasir sangat halus, dip bidang perlapisan 60°, dan pada kedalaman (23.00 - 25.00 m) Batupasir karbonatan, abu-abu cerah kekerasan keras (sukar digores pisau), lapuk, rendah, kemas tertutup, terpilah baik-sedang, ukuran butir halus-sedang.

4.2.2.6 Titik Bor BSP 06

Pada kedalaman (0.0 – 8.0 m) terdiri dari kollovial soil atau endapan material longsor hasil pelapukan batulempung, batulanau dan batupasir, tidak terkonsolidasi baik, kohesi

rendah, derajat pemilahan buruk, kembang susut tinggi sehingga mudah longsor dalam kondisi jenuh air, warna dominan abu-abu kekuningan. Pada kedalaman (8.0 – 9.4 m) batulempung sisipan batulanau warna abu-abu kecoklatan, basah, lapuk kuat, lunak, kelas batuan D. Kedalaman (9.4 – 10.0 m) batupasir warna abu-abu terang, keras, kering pelapukan sedang, kelas batuan CL. Kedalaman (10.0 – 15.0 m) batulempung warna abu-abu, keras, kering, segar kelas batuan CM-CL.

4.2.2.7 Titik Bor BSP 07

Pada kedalaman (0.0 – 14.6 m) terdiri dari kollovial soil atau endapan material longsor hasil pelapukan batulempung, batulanau dan batupasir, tidak terkonsolidasi baik, kohesi rendah, derajat pemilahan buruk, kembang susut tinggi sehingga mudah longsor dalam kondisi jenuh air, warna dominan abu-abu kekuningan. Pada kedalaman (14.6 – 15.0 m) dijumpai batuan dasar berupa satuan batulempung warna abu-abu gelap, lunak, kering, lapuk tinggi, kelas batuan D.

4.2.2.8 Titik Bor BSP 08

Pada kedalaman (0.0 – 1.5 m) terdiri dari kollovial soil atau endapan material longsor hasil pelapukan batulempung, batulanau dan batupasir, tidak terkonsolidasi baik, kohesi rendah, derajat pemilahan buruk, kembang susut tinggi sehingga mudah longsor dalam kondisi jenuh air, kedalaman (1.5 m – 2.5 m) dijumpai lapisan residual soil hasil pelapukan batuan induk yang belum tertransportasi, sifat fisik lunak, lembab. Pada kedalaman (2.5 – 9.0 m) perselingan batulempung dengan batupasir, warna dominan abu-abu kecoklatan, lunak, padat konsistensi tinggi, plastisitas sedang, lembab dan kemungkinan mudah swelling, termasuk kelas D-CL. Kedalaman (9.0 – 15 m) batulempung sisipan batulanau warna dominan abu-abu terang kekerasan sedang, pelapukan ringan, stiff/kaku, termasuk kelas batuan CMCL.

4.3 Ringkasan Pengeboran Investigasi Geologi

Dari data Titik Bor BSP dapat dijelaskan bahwa material kollovial soil adalah material yang tidak padat, tidak terkonsolidasi baik sehingga mudah menyerap air dan melepaskan tekanan air dampaknya material menjadi labil sehingga mudah longsor apabila kemiringan lereng lebih besar dari nilai sudut geser dalam dikarenakan tidak adanya kohesi antar fragmen batuan.

Tabel 4. 3 Tabulasi Resume Hasil Pengeboran Investigasi Geologi

No	Hole ID	Kedalaman (m)	N-SPT	Tingkat konsistensi	Tipe material
1	BSP 06	2	15	Agak padat	Kolovial
2		4	13	Agak padat	Kolovial
3		6	27	Agak padat	Kolovial
4		8	8	Urai	Residual
5		10	59	Sangat padat	Batuan lapuk
6		12	>61	Keras	Batuan fresh
7	BSP 07	2	22	Agak padat	Kolovial
8		4	33	Padat	Kolovial
9		6	18	Urai	Residual
10		8	51	Sangat padat	Batuan lapuk
11	BSP 08	12	>57	Keras	Batuan segar
12		2	33	Agak padat	Kolovial
13		4	50	Sangat padat	Batuan lapuk
14		6	>53	Keras	Batuan segar

Adapun hasil uji laboratorium tiap-tiap kedalaman pada tiap titik bor adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Tabulasi Resume Hasil Pengujian Laboratorium

No	Hole ID	Tipe Material	Kedalaman (m)	Uji Laboratorium									Keterangan
				Direct Shear				Triaxial Test (Drained Residual Secant Friction Angle)		UCS Test			
				Water Content (%)	Specific Gravity (g/cm ³)	c (kg/cm ²)	φ (°)	c (kg/cm ²)	φ (°)	c (kN/m ²)	q _n (kg/cm ²)	σ _c (kg/cm ²)	
1	BSP 06	Kolovial	1.5 – 2.0	30.24	2.6816	-	-	-	15.4	2.87	5.73	-	-
			3.5 – 3.59	28.72	2.6889	-	-	-	-	67.06	134.11	-	-
2	BSP 07	Kolovial	1.5 – 2.0	33.07	2.6276	-	-	-	15.8	9.91	19.82	-	-
			3.5 – 4.0	32.55	2.6788	-	-	-	-	-	-	-	-
			5.50 – 6.0	30.09	2.6820	-	-	-	-	11.85	23.71	-	-
3	BSP 08	Kolovial	1.5 – 2.0	34.04	2.6716	-	-	-	16.1	-	-	-	-
			3.5 – 4.0	32.96	2.6788	-	-	-	-	167.73	335.46	-	-
			5.50-6.0	27.27	2.6788	-	-	-	-	-	-	-	-

4.4 Perangkat Lunak GEO 5 V20 (Student)

Perangkat lunak Geo5 v20 (student) adalah rangkaian perangkat lunak / software yang menyediakan solusi untuk berbagai macam struktur geoteknik. Masing - masing software dapat menganalisis struktur tertentu (LEM & FEM) dan dapat berintegrasi dengan software lainnya. Dalam penelitian ini, rekayasa konstruksi dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak tersebut sehingga dapat mengetahui angka aman dari stabilitas lereng dan stabilitas dinding bangunan pelimpah. Perangkat lunak Geo5 v20 (student) terdapat beberapa pilihan menu pemodelan sehingga dalam melakukan analisis tidak hanya

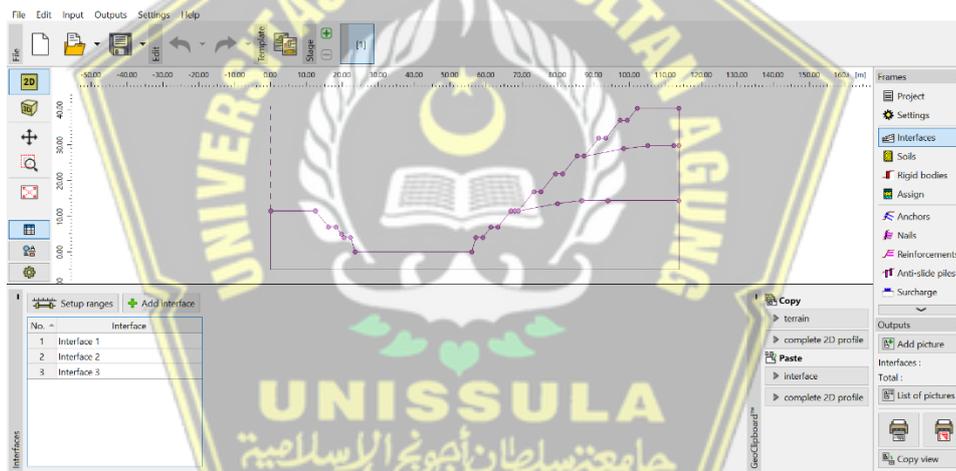
mengacu pada satu menu pemodelan. Untuk mengetahui angka aman dalam menyelesaikan permasalahan yang ada dalam penelitian ini, yaitu stabilitas lereng dan stabilitas dinding bangunan pelimpah dimodelkan dengan :

- a. Slope stability, menu pemodelan pada Slope stability ini digunakan untuk memodelkan stabilitas lereng pada bangunan pelimpah.
- b. Gravitywall, menu pemodelan pada Gravitywall digunakan untuk pemodelan stabilitas dinding dari bangunan pelimpah.

4.5 Pemodelan Perangkat Lunak GEO 5 V20 (Student)

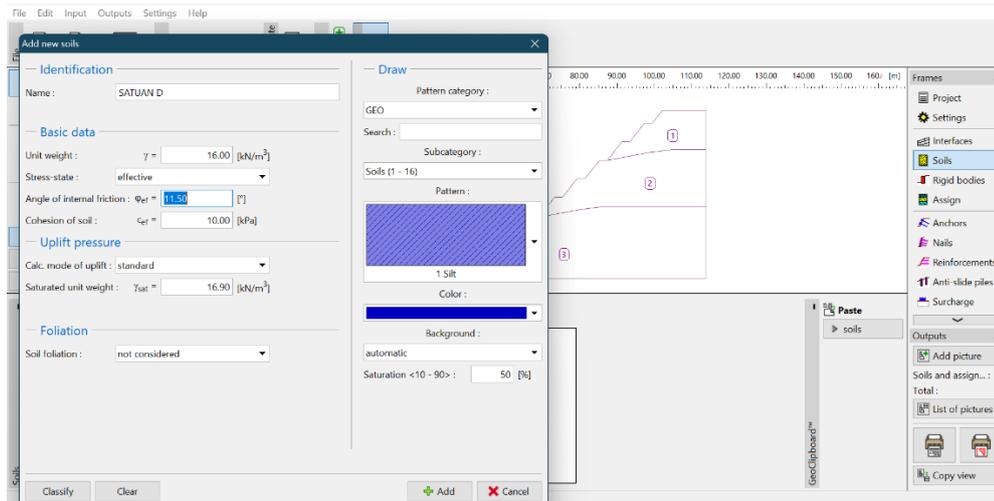
Sebelum mendapatkan hasil dengan nilai aman pada stabilitas lereng dan stabilitas dinding bangunan pelimpah dilakukan input pada perangkat lunak Geo5 v20 (student).

- a. Input yang pertama dilakukan adalah memasukkan interfaces gambar lereng dan dinding bangunan pelimpah untuk di import dari gambar autocad dengan format Dxf.



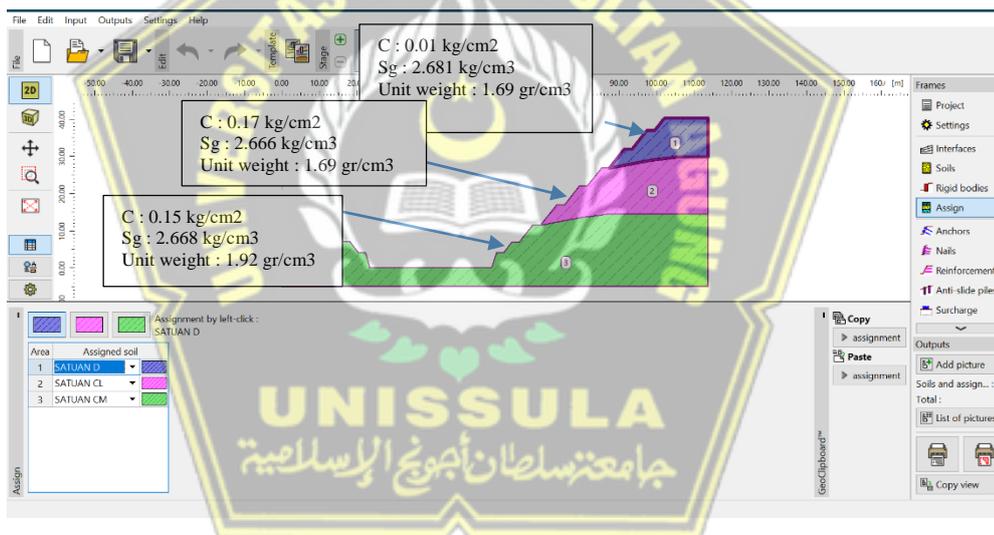
Gambar 4. 2 Mengimport gambar dari Autocad ke Geo5 v20 (student) dengan format Dxf.

- b. Setelah gambar import dari autocad termodelkan pada interfaces dilakukan input parameter tanah yang didapatkan sesuai dari hasil investigasi geologi melalui titik pengeboran BSP pada lokasi penelitian. Parameter tanah yang dihasilkan dengan nilai kelas satuan D, CL, dan CM dihasilkan berdasarkan pengolahan data yang disandingkan dengan nilai kelas satuan dari CIREPI seperti dijelaskan pada tabel 4.1 Klasifikasi jenis batuan.



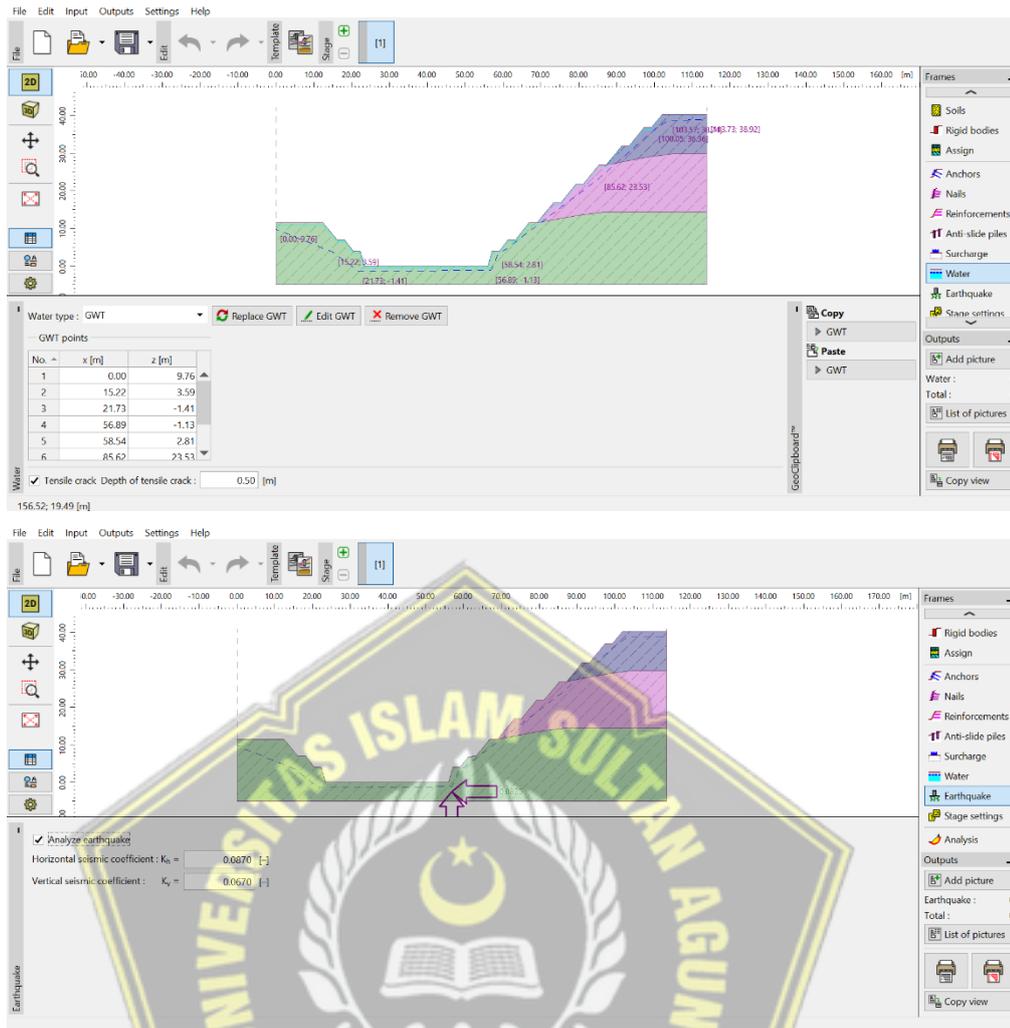
Gambar 4. 3 Input parameter tanah dari pengeboran titik BSP

- c. Dengan penginputan data tanah sesuai parameter, kemudian dilakukan Assign sesuai interfaces satuan dari tanah tersebut.



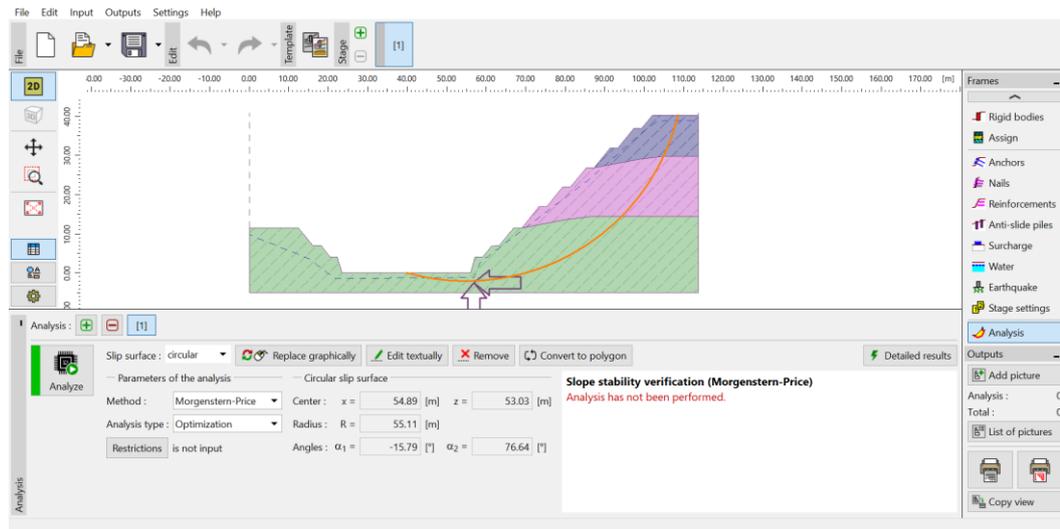
Gambar 4. 4 Memasukkan parameter tanah sesuai interfaces dari investigasi geologi

- d. input data air permukaan pada lereng dan dinding bangunan pelimpah serta beban gempa sesuai data dari pusgen 2017.



Gambar 4. 5 Input beban air permukaan dan beban gempa berdasarkan pusgen 2017

- e. Tahapan analisis, setelah dilakukan semua input dari data yang didapat dalam penelitian ini, kemudian dilakukan Running analisis dengan menggunakan metode Morgenstern – price untuk dapat mengetahui angka aman pada stabilitas dinding dan stabilitas bangunan pelimpah.



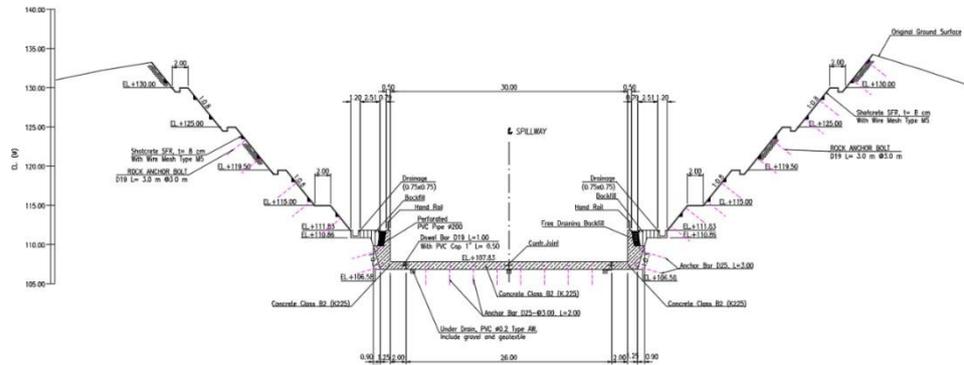
Gambar 4. 6 Tahapan analisis dengan menggunakan metode Morgenstern-price

4.6 Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah

Bagian Lereng pada bangunan pelimpah mendapatkan perubahan desain pada pelaksanaan konstruksi, desain awal memiliki kemiringan 1:08 dengan ketinggian 33 meter, terbagi menjadi 7 berm dengan jarak per berm 5,5 meter. Pada permukaan lereng terdapat perkuatan shotcrete dengan tulangan wiremesh M5 dan di topang menggunakan Rockbolt kedalaman 3 meter di pasang dengan ratio 45°. pada pelaksanaan konstruksi yang dilakukan dengan galian seperti pada desain tersebut mengalami keruntuhan/kelongsoran. Berdasarkan titik Bor BSP yang dilakukan, kondisi batuan pada tebing bangunan pelimpah ditemukan batuan sisipan dengan satuan kolovial soil tersusun oleh fragmen batuan berukuran lempung, pasir halus sampai bongkah pelapukan dari batupasir, batulempung dan batulanau, lapisan bersifat lepas atau belum terkonsolidasi dengan baik, kohesi antar fragmen batuan sangat rendah.

4.6.1 Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah Desain

Dilakukan analisis dengan menggunakan perangkat lunak Geo5 V20 dari Stabilitas Desain tebing sertifikasi pada bangunan pelimpah bendungan jragung.



Gambar 4. 7 Cross Section Desain Dinding bangunan Pelimpah.

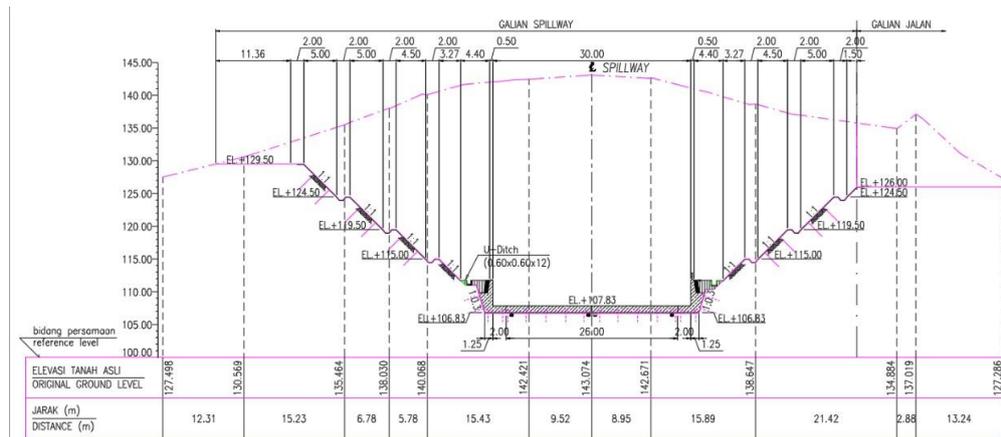
Hasil dari analisis menunjukkan bahwasanya dengan desain tersebut faktor keamanan pada tebing bangunan pelimpah tidak memenuhi syarat, mendapatkan hasil $1.4 < 1.5$.



Gambar 4. 8 Analisis Stabilitas desain sertifikasi

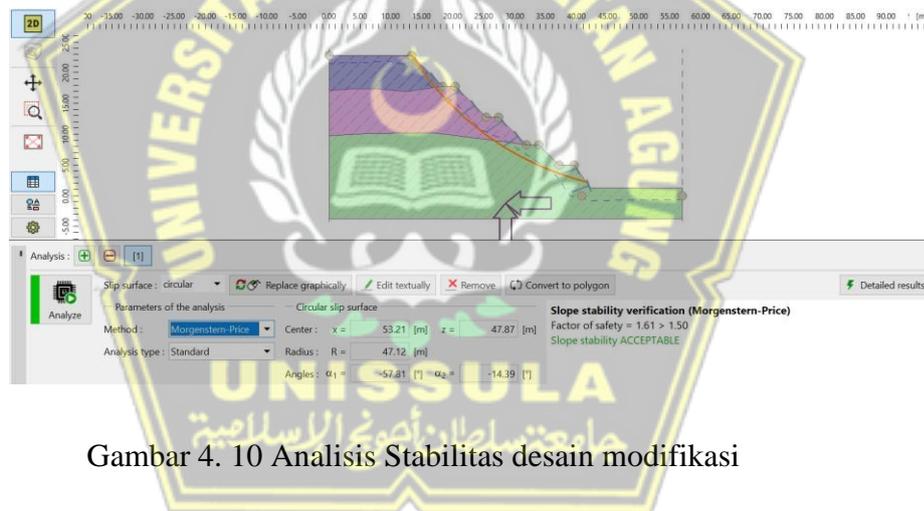
4.6.2 Stabilitas Lereng Bangunan Pelimpah Desain Perubahan

Dengan kondisi Geologi yang ada pada bangunan pelimpah desain yang tersertifikasi tidak dapat dilaksanakan karena dengan desain tersebut memiliki faktor keamanan kurang dari 1.5 sesuai SNI 8640:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik. Maka dari itu dilakukan modifikasi pada kemiringan tebing, yang semula dengan kemiringan 1:08 menjadi sedikit landai dengan kemiringan 1:1 .



Gambar 4. 9 Cross Section Tebing Bangunan Pelimpah Modifikasi

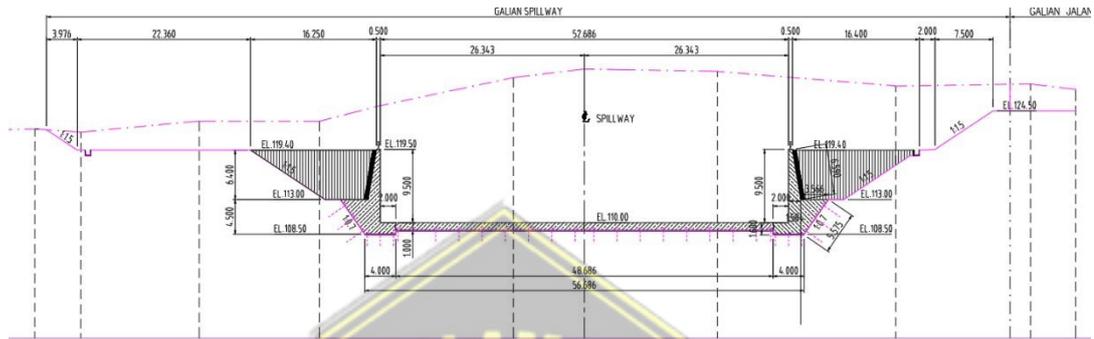
Modifikasi tebing dengan dilandaikan yang semula pada desain tersertifikasi 1:08 menjadi 1:1, hasil dari analisis menunjukkan bahwasanya dengan desain tersebut faktor keamanan pada tebing bangunan pelimpah memenuhi syarat, mendapatkan hasil $1.61 > 1.5$.



Gambar 4. 10 Analisis Stabilitas desain modifikasi

4.6.4 Stabilitas Dinding Bangunan Pelimpah Desain Perubahan

Dengan hasil stabilitas yang tidak sesuai dari persyaratan, merujuk pada SNI 8640:2017 persyaratan perancangan geoteknik, faktor keamanan dari sebuah lereng adalah 1.5 . Hasil dari desain sertifikasi yang mendapatkan nilai faktor keamanan $1.29 < 1.5$ sangat tidak aman, maka dari itu perlu dilakukan modifikasi desain dengan tipikal konstruksi seperti pada gambar 4.15



Gambar 4. 13 Modifikasi Dinding Bangunan Pelimpah

Dilakukan analisis pada modifikasi dinding bangunan pelimpah dengan modifikasi seperti pada gambar 4.15, dengan kemiringan pada tebing yang berubah, maka sayap belakang pada dinding bangunan pelimpah di diperpendek, pengurangan sayap tersebut sangatlah efektif karena pelaksanaan akan menjadi lebih mudah saat pembetonan pada dinding bagian belakang. Faktor keamanan pada modifikasi desain dinding bangunan pelimpah mendapatkan $1.62 > 1.5$, seperti terlihat pada gambar 4.16 Analisis modifikasi dinding bangunan pelimpah.



Gambar 4. 14 Analisis Modifikasi Dinding Bangunan Pelimpah

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pemodelan yang dilakukan dengan menganalisis desain tersertifikasi, dan perubahan desain dimana desain awal kurang dapat di aplikasikan pada lokasi penelitian, dengan melakukan rekayasa konstruksi yang dibantu dengan perangkat lunak Geo5 v20 (student) menghasilkan kesimpulan,

1. Hasil analisis stabilitas lereng bangunan pelimpah pada desain tersertifikasi mendapatkan hasil $1.4 < 1.5$ faktor kemanan yang kurang dan tidak dapat di terapkan pada lokasi.
2. Hasil analisis stabilitas dinding bangunan pelimpah pada desain tersertifikasi mendapatkan hasil $1.29 < 1.5$ faktor keamanan kurang dan tidak dapat di terapkan pada lokasi.
3. Hasil analisis Stabilitas lereng dengan Perubahan desain, yaitu melandaikan lereng dengan kemiringan 1:1, yang mendapatkan hasil $1.61 > 1.5$. nilai faktor keamanan yang memenuhi syarat sesuai SNI 8640:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik.
4. Hasil analisis stabilitas pada desain perubahan dinding bangunan pelimpah yaitu dengan desain mengurangi sayap belakang pada dinding bangunan pelimpah, dengan hasil $1.62 > 1.5$. faktor keamanan memenuhi dan dapat diterapkan pada lokasi.
5. Dengan melakukan analisis pada desain tersertifikasi dan desain perubahan pada bangunan pelimpah dengan hasil yang disajikan, bahwasanya pada lokasi yang terdapat batuan dengan kondisi satuan klasifikasi D sd CL, tidak dapat dilakukan desain lereng dengan kemiringan 1:08, karena kondisi batuan dengan klasifikasi D sd CL memiliki pelapukan yang tinggi. Dengan mendesain lereng terlalu terjal mengakibatkan keruntuhan dan kelongsoran.

5.2 Saran

Desain sebuah lereng pada pelaksanaan konstruksi dengan kondisi Geologi yang memiliki batuan dengan satuan tingkat pelapukan tinggi seperti pada lokasi penelitian, contoh dengan satuan klasifikasi D sd CL perlu dikaji kembali bilamana memiliki kemiringan 1:08. Dalam penelitian ini diharapkan ketika mendesain sebuah lereng dengan batuan klasifikasi D sd CL hendaknya dilakukan minimal pada kemiringan 1:1, permasalahan dalam penelitian ini menjadi acuan untuk mendesain sebuah kemiringan

lereng kedepannya agar dapat di terapkan dengan baik dan meminimalisir terjadinya kelongsoran ketika dilakukan pelaksanaan konstruksi. Penelitian ini adalah sebuah analisis rekayasa konstruksi yang dimodelkan dengan bantuan perangkat lunak Geo5 v20 (student), sehingga sangat dianjurkan bilamana ada peneliti lain yang melakukan perbandingan dengan pemodelan menggunakan perangkat lunak yang berbeda agar dapat menjadi evaluasi di masa depan.



DAFTAR PUSTAKA

- Allan Takwin G, E TA, Rondonuwu SG. Analisis Kestabilan Lereng Metode Morgenstern-Price (Studi Kasus : Diamond Hill Citraland). *Tekno*. 2017;15(02159617):66-76.
- Anisa NA, Sriyana I, Darsono S. Analisis Penanganan Longsoran Pada Bangunan Pelimpah Bendungan Ciawi. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. 2023;11(1):1-10. doi:10.33558/bentang.v11i1.5609
- Atkinson J. Soil Mechanics. *Encyclopedia of Geology, Five Volume Set*. Published online 2005;V5-184-V5-193. doi:10.1016/B0-12-369396-9/00228-8
- Bendungan Bagong Trenggalek. *Jurnal Online Skripsi* 2022;3:254-261. <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos->
- Bronto S, Asmoro P, Efendi M. Gunung Api Lumpur di Daerah Cengklik dan Djunaedi RR. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Studi Kasus : Sdn Lio, Kecamatan Cireunghas). *Jurnal Student Teknik Sipil Edisi*. 2020;1(2):55-64. <https://jurnal.ummi.ac.id/index.php/JSTS/article/view/668/556>
- https://repository.its.ac.id/76474/1/03111850077011-Master_Thesis.pdf
- Jenderal Bina Marga. Published online 2020:1-127.
- Khoirudin Ahmad A, Suprpto B, Rachmawati A. Studi Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) Pada Bendungan Semantok Kecamatan Rejoso Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 2020;8(4):270-280.
- Konstruksi Pelebaran Jalan Tol Jakarta-Merak (Area Cikupa). *Engineering, Mathematics and Computer Science (EMACS) Journal*. 2020;2(3):129-131. doi:10.21512/emacsjournal.v2i3.6561
- Mazni DI, Boy W, Komala DA. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Gravitasi Pada Tanah Pasir dengan Adanya Muka Air Tanah. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*. 2023;10(2):64-72. doi:10.21063/JTS.2023.V1002.064-72
- Mewengkang CKR, Windah RS, Sumajouw MDJ. Evaluasi Struktur RSPTN UNSRAT Berdasarkan SNI 1726-2002 Dan SNI 1726-2019. 2023;21(86).
- <mrk/article/view/961%0Ahttps://jurnal.polinema.ac.id/index.php/josmrk/article/download/961/691>
- Pangemanan SL, A.E Turangan OB. S. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*. 2014;2(1):22-28. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/3920>
- Saleh SS, Musa R, As'ad H. Abstrak. *Jurnal Teknik Hidro*. 2019;12:40-52.
- Santoso H, Cahyo Y, Ridwan A, Karisma DA. Penelitian Stabilitas Struktur Tanah Lempung Bersifat Monmorillonite Menggunakan Limbah Ampas Kopi Research on the Stability of Monmorillonite Clay Soil Structures Using Coffee Waste. 2020;i(2):34-39.
- Sekitarnya, Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 2017;18(3):147-159. <http://jgsm.geologi.esdm.go.id>

Selatan DIM, Thirafi AF. Spillway Dengan Memperhatikan Adanya Bendungan Way Apu. Published online 2017.

Subirats J. Public policy analysis. *Gaceta sanitaria / SESPAS*. 2001;15(3):259-264. doi:10.1016/s0213-9111(01)71557-9

Yuristanti T. Analisis Kinerja Proyek Design and Build Pada Proyek Jalan Di Direktorat Zakaria. Program Studi Teknik Sipil , Institut Teknologi Sumatera , Lampung Selatan , Indonesia * fCorresponding E-mail : zakaria.21115057@student.itera.ac.id. *Program Studi Teknik Sipil , Institut Teknologi Sumatera , Lampung Selatan , Indonesia*.

Zakarya WA, Novianto D, ... Analisis Ulang Stabilitas Konstruksi Bangunan Pelimpah.

