

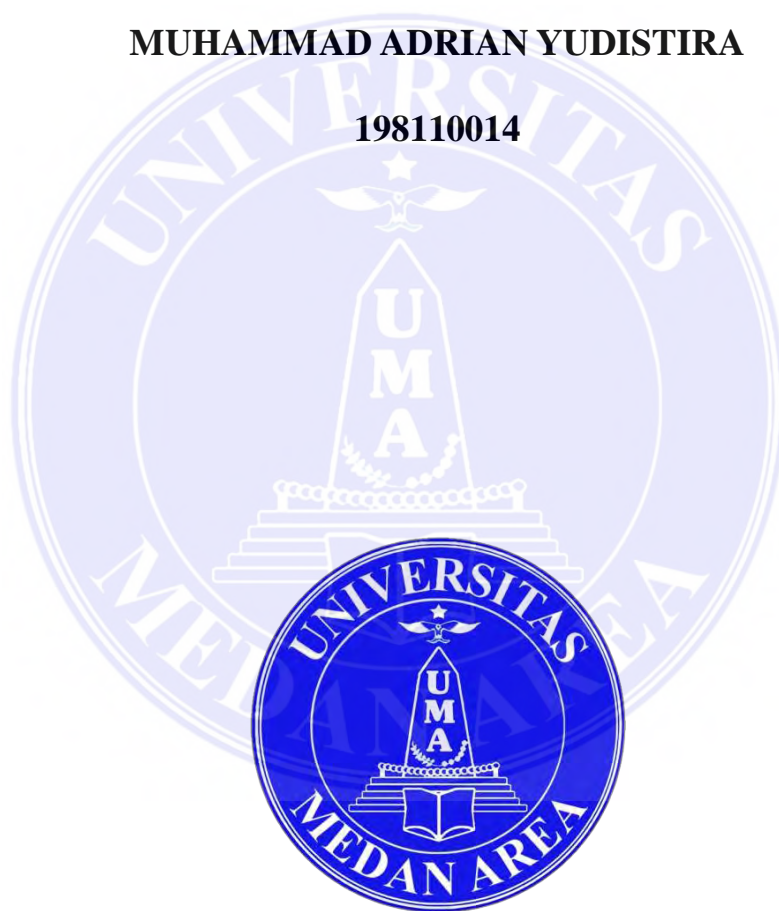
**ANALISIS STABILITAS LERENG PADA PEMBANGUNAN
POWER PLAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS
BUMI (PLTP)-SORIK MARAPI GEOTHERMAL POWER**

SKRIPSI

OLEH:

MUHAMMAD ADRIAN YUDISTIRA

198110014



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 24/10/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)24/10/24

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA PEMBANGUNAN POWER PLAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI (PLTP)-SORIK MARAPI GEOTHERMAL POWER

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

MUHAMMAD ADRIAN YUDISTIRA

198110014

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Stabilitas Lereng Pada Pembangunan Power Plan
Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik
Marapi Geothermal Power
Nama : Muhammad Adrian Yudistira
NPM : 198110014
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:

Komisi Pembimbing

Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T

Pembimbing



Dekan



Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 31 Agustus 2024

iii

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 31 Agustus 2024



Muhammad
Yudistira
198110014

Adrian



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Adrian Yudistira
NPM : 198110014
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Stabilitas Lereng Pada Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 31 Agustus 2024
Yang menyatakan


(Muhammad Adrian Yudistira)

RIWAYAT HIDUP

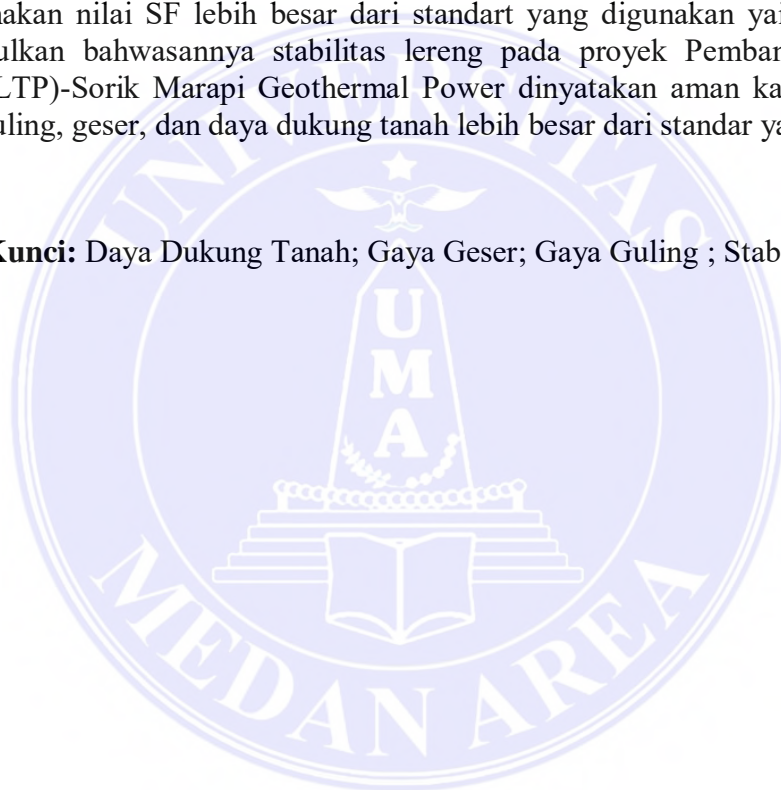
Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 15 Juli 2001 dari Ayah ir. Agus Susanto Syahputra dan Ibu Ainun Mardiah Penulis merupakan putra ke 2 dari 3 bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMA Pembangunan Pancabudi Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Lapangan Merdeka Medan



ABSTRAK

Analisa stabilitas lereng memiliki peranan yang penting dalam perencanaan konstruksi bangunan maupun jalan raya. Analisa stabilitas lereng yang berada pada Proyek Pembangunan Power Plan (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power (SMGP) bertujuan untuk menentukan gaya guling, gaya geser dan daya dukung tanah. Penelitian ini dihitung dengan menggunakan metode Bishop, Dan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan pada metode manual memiliki hasil yang aman untuk di gunakan pada perhitungan Stabilitas Lereng pada Proyek Pembangunan Power Plan(PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power, dikarenakan gaya geser dan gaya guling memiliki nilai SF yang lebih besar dari standart yang digunakan yaitu 2,6941, dan 5,7254 . Pada perhitungan daya dukung menggunakan data lapangan dinyatakan aman dikarenakan nilai SF lebih besar dari standart yang digunakan yaitu 8,0123. dan disimpulkan bahwasannya stabilitas lereng pada proyek Pembangunan Power Plan(PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power dinyatakan aman karena Sf untuk gaya guling, geser, dan daya dukung tanah lebih besar dari standar yang digunakan

Kata Kunci: Daya Dukung Tanah; Gaya Geser; Gaya Guling ; Stabilitas Lereng



ABSTRACT

Slope stability analysis has an important role in building and highway construction planning. Slope stability analysis in the Sorik Marapi Geothermal Power Plan (SMGP) Project is calculated using Bishop's method, to determine the rolling force, shear force and bearing capacity of the soil. And based on the results of the analysis and discussion, it can be concluded that the calculation results in the manual method have safe results to be used in the calculation of Slope Stability in the Power Plan Development Project (PLTP) - Sorik Marapi Geothermal Power, because the shear force and rolling force have an SF value greater than the standard used, namely 2.6941, and 5.7254. In the calculation of bearing capacity using field data, it is declared safe because the SF value is greater than the standard used, namely 8.0123, and it is concluded that the stability of the slope on the project Power Plan Development (PLTP) - Sorik Marapi Geothermal Power is declared safe because Sf for rolling, shearing, and soil bearing capacity is greater than the standard used.

Keywords: Soil Support Capacity; Shear Force; Rolling Force; Slope Stability

TELAH DIVALIDASI PUSBA UMA SEBAGAI SYARAT BERKAS SIDANG	
TANGGAL	PARAF
31/07/2024	

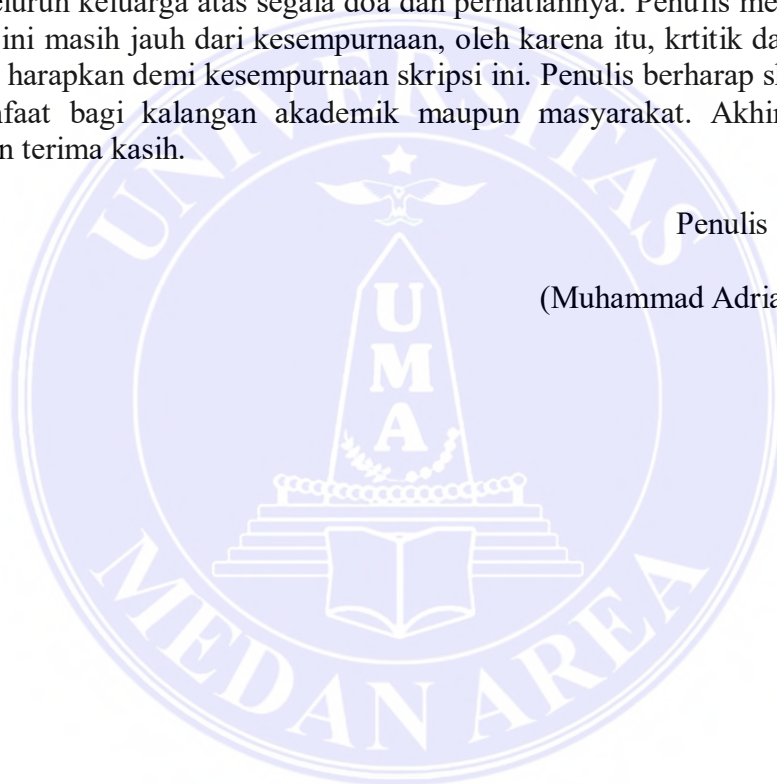


KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Geote dengan judul Analisis Stabilitas Lereng Pada Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Pltp)-Sorik Marapi Geothermal Power. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Serta selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada abang saya yaitu abangda Muhammad Sultan Hakim S.T., yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi.dan juga teman saya Dian Zuabdi Sipahutar yang juga telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Muhammad Adrian Yudistira)



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGHANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penulisan	2
1.6. Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Peneliti Terdahulu.....	4
2.2. Lereng.....	5
2.3. Tanah	6
2.3.1. Faktor Ketidakstabilan Tanah.....	6
2.3.1. Kuat Geser Tanah.....	8
2.4. Klasifikasi Tanah.....	8
2.4.1. Sistem Klasifikasi <i>Unites States Departemen of Agriculture</i> (USDA).....	9
2.4.2. Sistem Klasifikasi <i>American Association of State Highway</i> <i>And Transportation Officials (AASHTO)</i>	11
2.4.3. Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil Classification System</i>	13
2.5. Tanah Lunak	17
2.5.1. Karakteristik Tanah Lunak	18
2.5.2. Tanah Lempung	19
2.6. Dinding Penahan Tanah (<i>Retaining Wall</i>).....	21
2.6.1 Dinding Penahan Tanah Kantilever.....	22

2.6.2	Stabilitas Dinding Penahan Tanah	23
2.6.3	Stabilitas Guling (<i>Overtuning</i>).....	23
2.6.4	Stabilitas Geser (<i>Sliding</i>).....	24
2.6.5	Stabilitas Daya Dukung Tanah	25
2.7	Korelasi Nilai <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	28
2.8	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif <i>Rankine</i>	28
2.8.1	Tekanan Tanah Aktif.....	29
2.8.2	Tekanan Tanah Pasif.....	31
2.9	Metode Bishop (<i>Simplified Bishop Method</i>).....	32
2.10	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Coulomb	33
2.10.1	Tekanan Tanah Aktif.....	34
2.10.2	Tekanan Tanah Pasif.....	35
2.11	Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW)	38
2.12	Keunggulan Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW).....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1	Lokasi Dan Peta Penelitian.....	40
3.2	Tahap Persiapan.....	41
3.3	Tahap Penelitian	41
3.4	Tambahan Detail <i>Retaining Wall</i>	43
3.4.1	Data Detail <i>Retaining Wall</i>	44
3.5	Dinding Penahan Tanah Kantilever	45
3.5.1	Mengumpulkan Data Tanah dan Beban.....	45
3.5.2	Menghitung Tekanan Tanah Aktif dan Pasif	45
3.5.3	Menghitung Momen dan Gaya yang Bekerja	46
3.5.4	Menghitung Stabilitas.....	47
3.6	Kerangka Berfikir Penelitian.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Data Parameter Tanah.....	49
4.2	Menghitung Koefisien Tekanan Tanah.....	49
4.2.1	Koefisien Tekanan Tanah Aktif.....	49
4.2.2	Koefisien Tekanan Tanah Pasif.....	49
4.3	Menghitung Tekanan Tanah.....	50
4.3.1	Tekanan Tanah Aktif Metode <i>Rankine</i>	50
4.4	Menghitung Gaya Vertikal Dan Momen Yang Bekerja.....	51
4.4.1	Irisan 1.....	51
4.4.2	Irisan 2.....	51
4.4.3	Irisan 3.....	52
4.4.4	Irisan 4.....	52

4.5	Menghitung Stabilitas Terhadap Guling	53
4.6	Menghitung Stabilitas Terhadap Geser	54
4.7	Menghitung Stabilitas Terhadap Kapasitas Dukung Tanah	55
4.7.1	Eksentrisitas (e).....	55
4.8	Kapasitas Daya Dukung Tanah	56
4.9	Pembahasan.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		60
5.1.	Kesimpulan	60
5.2.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		



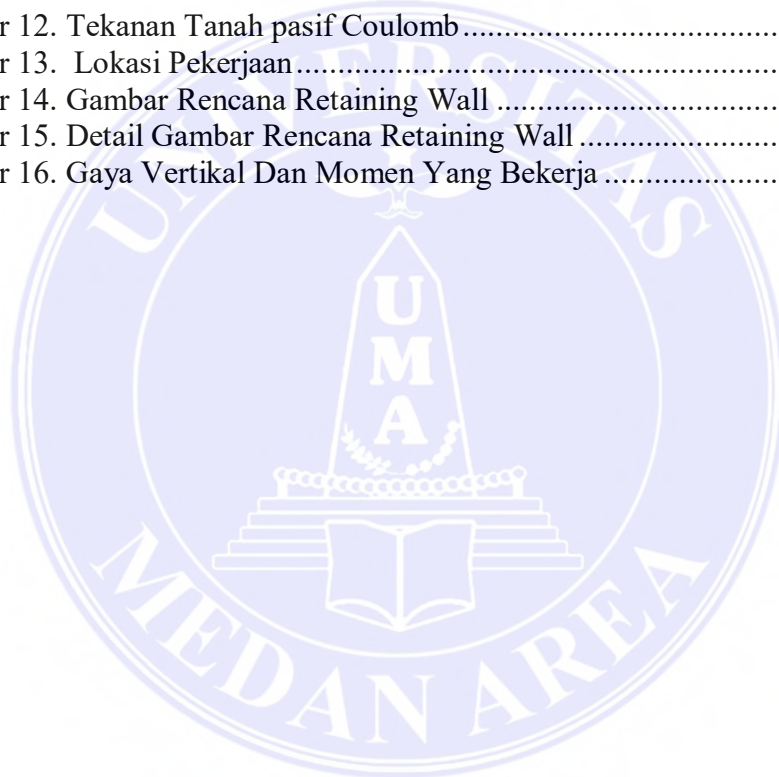
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Berat jenis (Gs) berbagai jenis tanah.....	19
Tabel 2. Koefisien Daya Dukung Tanah.....	20
Tabel 3 Gaya Vertikal dan Momen.....	30
Tabel 4 Hasi Rekapitulasi Nilai Geser, Guling, dan Daya Dukung.....	40



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Klasifikasi USDA.....	10
Gambar 2. Nilai – nilai Batas Atterberg.....	13
Gambar 3. Klasifikasi Tanah USCS.....	15
Gambar 4. Grafik Klasifikasi USCS	21
Gambar 5. Grafik Plastisitas	22
Gambar 6. Variasi Indeks Plastisitas	25
Gambar 7. Dinding penahan tanah tipe kantilever.....	26
Gambar 8 Tekanan Aktif Rankine	27
Gambar 9. Tekanan pasif Rankine.....	28
Gambar 10. Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Irisan	35
Gambar 11. Tekanan Tanah Aktif Coulumb	36
Gambar 12. Tekanan Tanah pasif Coulomb	37
Gambar 13. Lokasi Pekerjaan.....	38
Gambar 14. Gambar Rencana Retaining Wall	41
Gambar 15. Detail Gambar Rencana Retaining Wall	42
Gambar 16. Gaya Vertikal Dan Momen Yang Bekerja	49



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	10
Lampiran 2.....	28
Lampiran 3.....	30
Lampiran 4.....	40
Lampiran 5.....	50
Lampiran 6.....	60
Lampiran 7.....	70



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Stabilitas lereng menjadi aspek kritis dalam rekayasa geoteknik, terutama dalam pembangunan infrastruktur seperti jalan, bendungan, dan bangunan lainnya. Keberhasilan proyek konstruksi sangat bergantung pada pemahaman mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng dan kemampuan untuk mengidentifikasi potensi risiko. Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan aktivitas konstruksi dan perubahan lingkungan alamiah telah menempatkan tantangan baru dalam pengelolaan stabilitas lereng. Perubahan iklim, aktivitas manusia, serta perubahan tata guna lahan dapat memicu perubahan dalam parameter geoteknik dan mengakibatkan penurunan stabilitas lereng. Penelitian sebelumnya telah mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi stabilitas lereng, seperti kelembaban tanah, karakteristik geoteknik tanah, dan topografi. Namun, kebutuhan akan penelitian yang lebih spesifik dan mendalam tentang kondisi lokal tertentu menjadi penting untuk memahami dampak perubahan lingkungan terhadap stabilitas lereng.

Analisa stabilitas lereng memiliki peranan yang penting dalam perencanaan konstruksi bangunan maupun jalan raya. Analisa stabilitas lereng yang berada pada Proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power (SMGP) Sibanggor Tonga, Kec. Puncak Sorik Marapi, Kab. Mandailing Natal, Sumatera Utara. ini dihitung dengan menggunakan metode Bishop, untuk menentukan gaya guling, gaya geser dan daya dukung tanah.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah : berapakah faktor aman stabilitas lereng yang berada pada Proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power (SMGP) Sibanggor Tonga, Kec. Puncak Sorik Marapi, Kab. Mandailing Natal, Sumatera Utara, Serta menentukan gaya guling, gaya geser dan daya dukung tanah dengan menggunakan data lapangan

1.3. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa ketahanan, kestabilan, dan faktor keamanan struktur dinding penahan tanah dengan menggunakan metode manual pada Proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power (SMGP)

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kestabilan lereng terhadap gaya geser, gaya guling menggunakan metode Bishop serta daya dukung tanah menggunakan data lapangan pada proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power (SMGP)

1.5. Manfaat Penulisan

1. Bagi penulis, ini berfungsi sebagai bahan untuk penulisan tugas akhir. Hal tersebut merupakan prasyarat untuk menyelesaikan pendidikan mata kuliah Teknik Sipil di Universitas Medan Area, sehingga mampu menerapkan ilmu yang didapat semasa pendidikan perkuliahan dan pengetahuan baru analisis stabilitas

lereng . Dan dapat menambah pengetahuan lapangan saya sebagai penulis jika melakukan hal serupa di masa mendatang.

2. Untuk mahasiswa digunakan menjadi informasi tambahan untuk penelitian kedepannya tentang Analisis Stabilitas Lereng

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ni adalah:

1. Menghitung gaya geser, gaya guling menggunakan metode Bishop
2. Perhitungan daya dukung tanah menggunakan data lapangan
3. Tidak memperhitungkan muka air tanah
4. Tidak memperhitungkan penurunan (*settlement*)
5. Tidak meninjau beban gempa

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peneliti Terdahulu

Azizah, dkk (2014) melakukan penelitian yang mengkaji pengaruh tinggi muka air tanah terhadap stabilitas lereng, dikarenakan derasnya aliran air sungai pada lereng sungai Gajah Putih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan sebelum dan setelah penggunaan geotekstil pada lereng sungai Gajah Putih Surakarta. Pengaruh panjang geotekstil dan jarak vertikal antar geotekstil (S_v) terhadap angka keamanan lereng dihitung secara manual menggunakan metode bishop. Faktor keamanan (SF) lereng sungai Gajah Putih Surakarta dihitung dalam kondisi tanpa geotekstil dan setelah perbaikan lereng dengan geotekstil. Penelitian ini juga memperhitungkan pengaruh fluktuasi muka air tanah (MAT), penambahan beban akibat beban mati dan beban mati + beban hidup. Adanya fluktuasi muka air tanah dan penambahan beban sangat berpengaruh terhadap angka keamanan dari suatu lereng. Nilai Faktor Keamanan (SF) lereng sungai Gajah Putih lebih besar setelah pemasangan geotekstil.

Wicaksono, (2016) melakukan penelitian yang mengkaji pengaruh geotekstil pada perkuatan lereng Jalan raya Pacitan – Ponorogo yang terletak di Dusun Gayam, Desa Gemaharjo, Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan. Analisis stabilitas lereng disimulasikan dengan menggunakan program Plaxis versi 8.2. Untuk perencanaan perkuatan pada lereng digunakan perkuatan geotekstil woven UW-250 produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul. Penelitian dilakukan guna mencari nilai angka aman lereng dengan menganalisis lereng asli terlebih dahulu lalu melakukan perlakuan penggantian geometri lereng, lalu penggunaan perkuatan geotekstil pada lereng geometri baru. Adanya perlakuan tersebut memberikan pengaruh pada lereng dengan naiknya nilai angka aman

Pujianto, dkk (2017) melakukan penelitian yang mengkaji pengaruh pengaruh beban gempa terhadap stabilitas lereng, dikarenakan Kabupaten Wonogiri memiliki kontur tanah yang berbukit-bukit. Kasus yang akan dikaji pada penelitian ini adalah di daerah Desa Sendangmulyo, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri yang pernah terjadi longsor. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besar perubahan nilai faktor aman stabilitas lereng setelah dilakukan penambahan beban gempa. Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data sekunder berupa data tanah, data profil lereng dan data beban hujan. Kasus penelitian lereng dianalisis dengan Slope/W untuk metode statik dan pseudo statik sedangkan Quake/W untuk metode dinamik. Lereng dikondisikan setelah hujan 2 harian yang diambil dari data sekunder

2.2 Lereng

Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Analisis stabilitas lereng mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Kondisi tanah asli yang tidak selalu sesuai dengan perencanaan yang diinginkan misalnya lereng yang terlalu curam sehingga dilakukan pekerjaan pemotongan bukit atau kondisi lain yang membutuhkan timbunan dan lain sebagainya, sehingga diperlukan analisis yang lebih akurat agar diperoleh konstruksi lereng yang mantap (sesuai dengan syarat keamanan). lereng Perlu mendapatkan suatu nilai faktor keamanan minimum dari suatu analisis stabilitas lereng memerlukan suatu proses trial and error. Pada proses iterasi yang dilakukan secara manual akan memakan waktu yang cukup lama dan diperlukan ketelitian. Proses analisis yang cukup lama dan kurang akurat dapat diminimalisir dengan menggunakan suatu program (*software*) yang dapat digunakan untuk

menganalisis permasalahan stabilitas lereng di Ungaran Timur yang mempunyai daya dukung tanah kurang bagus sehingga perlu diadakan penelitian.

2.3. Tanah

Tanah adalah gabungan dari partikel partikel padat, air, dan udara. Ketika tanah berada di bawah muka air tanah, maka tanah tersebut dalam keadaan saturated. Ukuran partikel pada tanah bervariasi, dan dengan adanya variasi itu tanah dapat dikategorikan dalam beberapa bagian. Tanah dengan partikel besar (pasir dan kerikil) dikategorikan dalam tanah tidak kohesif. Dengan kata lain, air tidak hanya mengisi ruang pori antar partikel tanah, tetapi dapat mengalir melalui partikel tanah juga. Fakta bahwa air mengalir menuruni tempat yang lebih rendah berdasarkan gaya gravitasi juga terjadi di rongga tanah. Property pada tanah berkaitan dengan kemampuan air untuk mengalir melalui ruang pori atau yang biasa disebut permeability. Semakin kecil ukuran partikel, semakin rendah permeabilitas pada kasus tanah tidak kohesif, ukuran partikel yang relatif besar memungkinkan air cepat keluar dari bawah beban, dan penurunan biasa terjadi sangat cepat. Tetapi jika tanah kohesif dengan partikel yang kecil, gerakan air bisa sangat lambat.

2.3.1 Faktor Ketidakstabilan Tanah

Faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain: kegempaan, iklim (curah hujan), vegetasi, morfologi, batuan/tanah maupun situasi setempat (Anwar dan Kesumadharma, 1991; Hirnawan, 1994), tingkat kelembaban tanah (*moisture*), adanya rembesan, dan aktifitas geologi seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan dan liniasi. Proses eksternal penyebab longsor yang dikelompokkan oleh Brunsden (1993, dalam Dikauet.al., 1996) diantaranya adalah :

- 1) Pelapukan (fisika, kimia dan biologi)
- 2) Erosi
- 3) Penurunan tanah (*ground subsidence*)
- 4) Deposisi (fluvial, glasial dan gerakan tanah)
- 5) Getaran dan aktivitas seismik
- 6) Jatuhan tepra
- 7) Perubahan rejim air.

Pelapukan dan erosi sangat dipengaruhi oleh iklim yang diwakili oleh kehadiran hujan di daerah setempat, curah hujan kadar air dan kejenuhan air. Pada beberapa kasus longsor, hujan sering sebagai pemicu karena hujan meningkatkan kadar air tanah yang menyebabkan kondisi fisik/mechanik material tubuh lereng berubah.

Dalam menentukan kestabilan lereng, dikenal istilah faktor keamanan (*Safety factor*) yang merupakan perbandingan antara gaya – gaya yang menahan, terhadap gaya – gaya yang menggerakkan tanah tersebut. Bila faktor keamanan lebih tinggi dari satu, umumnya lereng tersebut dianggap stabil

2.3.1 Kuat Geser Tanah

Hardiyatmo (2006 : 302) berpendapat bahwa kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butiran tanah terhadap desakan atau tarikan. Bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh sebagai berikut.

- a. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya
- b. Gesekan antara butiran tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Nilai kuat geser tanah yang dikemukakan oleh Coulomb yang dikutip dari

Hardiyatmo (2010:317) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

τ = Kuat geser tanah (kg/cm^2);

c = Kohesi tanah (kg/cm^2);

σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kg/cm^2)

ϕ = Sudut geser dalam tanah ($^\circ$).

2.4. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda – beda namun memiliki sifat yang serupa yang dimasukkan kedalam kelompok – kelompok dan sub – sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu Bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara sifat – sifat umum tanah yang bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci. Dalam arti umum klasifikasi berdasarkan tektur adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan dipengaruhi oleh ukuran tiap – tiap butir yang ada didalam tanah. Hasil dari penyelidikan sifat – sifat tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah – masalah tertentu seperti :

1. Penentuan penurunan bangunan yaitu dengan menentukan kompresibilitas tanah
2. Penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji guna menghitung koefisien permeabilitas
3. Untuk mengevaluasi stabilitas tanah yang miring dengan menentukan kuat geser tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis – jenis tanah yang mempunyai sifat – sifat yang sama ke dalam kelompok – kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya.

Tanah dibagi menjadi 4 bagian kelompok yaitu:

1. Kerikil (*gravel*)
2. Pasir (*sand*)
3. Lanau (*silt*)

4. Lempung (*clay*)

Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah dibagi atas dasar komponen utama yang terkandung didalamnya. Misalnya lempung berpasir (*sand clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya.

2.4.1. Sistem Klasifikasi *Unites States Departemen of Agriculture (USDA)*

Klasifikasi tekstur ini dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (*U.S. Department of Agriculture*) dan deskripsi batas susunan butir tanah di bawah sistem USDA. Kemudian dikembangkan lebih lanjut dan digunakan untuk pekerjaan jalan raya yang lebih dikenal dengan klasifikasi berdasarkan persentase susunan butir tanah oleh *U.S. Public Roads Administration* (Soedarmo, 1997).

Pada umumnya, tanah terbagi dalam beberapa kelompok seperti kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Tanah asli merupakan campuran dari butir-butir yang mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya (Gambar 1.)

Sebagai contoh, apabila tanah B mempunyai pembagian ukuran butiran 20% kerikil, 10% pasir, 30% lanau, dan 40% lempung, komposisi tekstural yang dimodifikasi adalah:

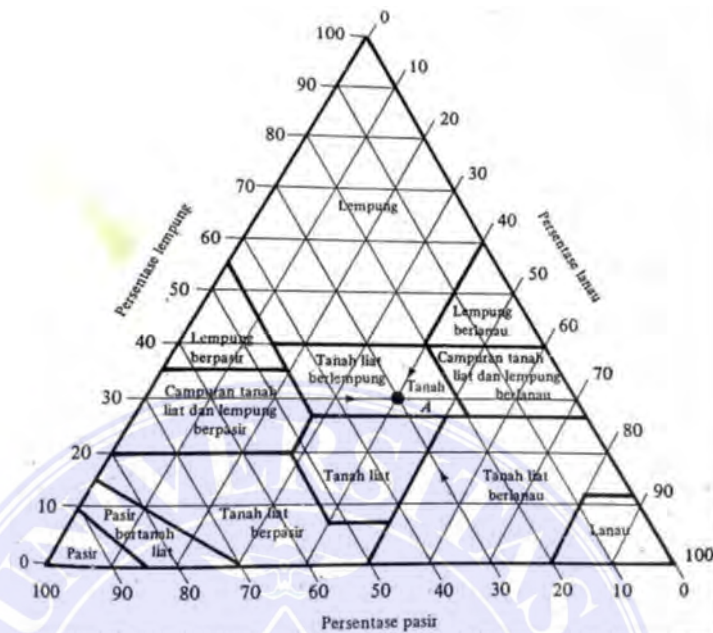
$$\text{Pasir} : \frac{10 \times 100}{(100 - 20)} = 12,5\%$$

$$\text{Lanau} : \frac{30 \times 100}{(100 - 20)} = 37,5\%$$

$$\text{Lempung} : \frac{40 \times 100}{(100 - 20)} = 50,0\%$$

Berdasarkan pada persentase butiran yang telah dimodifikasi tersebut, sistem klasifikasi USDA menunjukkan bahwa tanah B termasuk tanah lempung. Tetapi, karena

persentase kerikil oleh tanah B cukup besar, maka tanah tersebut dapat dinamakan sebagai lempung berkerikil (*gravelly clay*).



Gambar 1. Klasifikasi USDA (Das, 2015)

2.4.2. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway And Transportation Officials (AASHTO)*

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg.

Dalam (Soedarmo, 1996), Sistem klasifikasi AASTHO yang sekarang digunakan mengklasifikasikan tanah ke dalam tujuh kelompok besar yaitu A-1 sampai A-7. Tanah-tanah yang diklasifikasikan dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah-tanah berbutir kasar dimana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah-

tanah yang 35% atau lebih lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Pada umumnya tanah-tanah ini adalah lanau dan lempung.

Das, Braja M.(1993) menjelaskan, sistem klasifikasi AASHTO didasarkan pada kriteria-kriteria sebagai berikut:

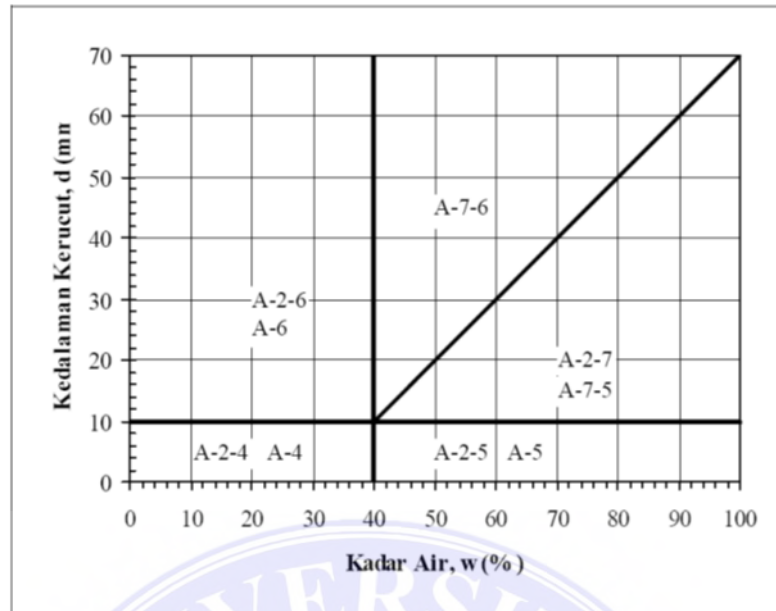
a. Ukuran Butir:

Kerikil, bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 5 mm dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm). Pasir, bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm). Lanau dan lempung, bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

b. Plastisitas:

Apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (PI) sebesar 10 atau kurang, maka tanah tersebut dinamakan lanau. Apabila bagian-bagian halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (PI) sebesar 11 atau lebih maka tanah tersebut dinamakan lempung.

c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat (Gambar 2.)



Gambar 2. Nilai – nilai Batas Atterberg (Soedarmo, 1997)

2.4.3. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)*

Sistem klasifikasi yang umum digunakan di dunia adalah *Unified Soil Classification System (USCS)* atau sistem klasifikasi kesatuan. Sistem ini dikembangkan oleh Casagrande untuk digunakan dalam penilaian tanah dalam pembangunan lapangan terbang.

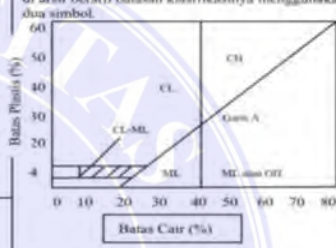
Menurut Das, Braja M. (1993) menjelaskan sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G (*gravel*) untuk tanah berkerikil dan S (*sand*) untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W (*well*) untuk tanah bergradasi baik dan P (*poor*) untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini dimulai dengan huruf

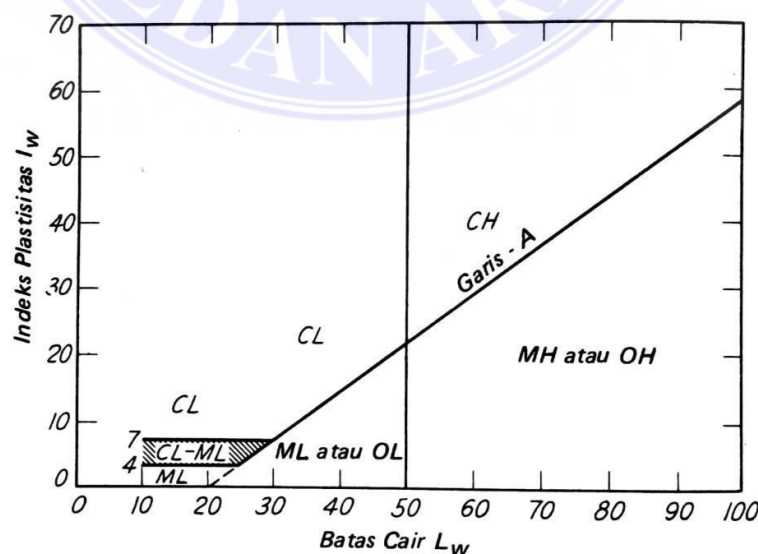
awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C (*clay*) untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt (*peat*) digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L (*low*) untuk plastisitas rendah dan H (*high*) untuk plastisitas tinggi.

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti GW, GP, GM, GC, SW, SP, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan:

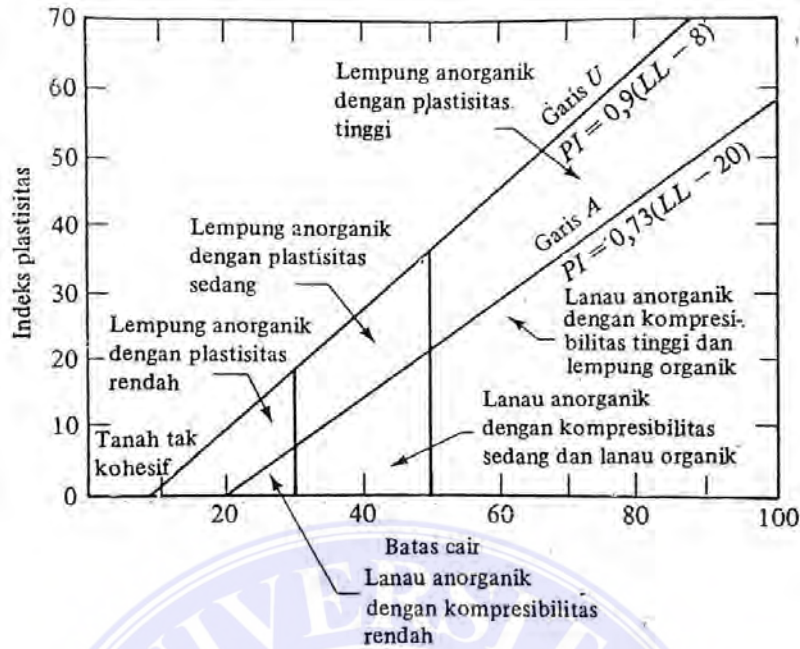
- 1) Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (fraksi halus).
- 2) Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
- 3) Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*, C_u) dan koefisien gradasi (*graduation coefficient*, C_c) untuk tanah di mana 0-12% lolos ayakan No. 200.
- 4) Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200) (Gambar 3.) (Gambar 4.) (Gambar 5.)

Divisi Utama	Sinbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar: 50% butiran terhalus saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar terhalus saringan No. 4	GW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
		GP		
		GM		
		GC		
	Pasir 50% fraksi kasar terhalus saringan No. 4	Pasir berbutir (banyak pasir)	SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SP	
		Pasir dengan butiran halus	SM	
			SC	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung butiran kasar $\leq 50\%$	ML	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dari kasar, Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsis berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas Cair (%) Batas Catr (%) Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$	
		CL		
		OL		
	Lanau dan lempung butiran kasar $\geq 50\%$	MH		
		CH		
		OH		
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Gambar 3. Klasifikasi Tanah USCS (Hardiyanto, 2002)



Gambar 4. Grafik Klasifikasi USCS (Terzaghi, 1993)



Gambar 5. Grafik Plastisitas (Das, 1993)

Seperti yang terlihat pada gambar 4, bila mengabaikan garis U, lanau adalah tanah yang mempunyai batas cair dan indeks plastisitas terletak dibawah garis A dan lempung berada diatas garis A. Lanau, lempung dan tanah organis dibagi lagi menjadi batas cair yang rendah (L) dan tinggi (H). Garis pembagi antara batas cair yang rendah dan tinggi ditentukan pada angka 50 seperti:

- a. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasir, lanau lempung atau lanau organik dengan plastisitas relatif rendah.
- b. Kelompok CH dan CL terutama adalah lempung anorganik. Kelompok CH adalah lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi mencakup lempung gemuk. Lempung dengan plastisitas rendah yang dikalsifikasikan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung kepasiran atau lempung lanau.
- c. Kelompok OL dan OH adalah tanah yang ditunjukkan sifat-sifatnya dengan adanya bahan organik. Lempung dan lanau organik termasuk dalam kelompok ini dan mereka mempunyai plastisitas pada kelompok ML dan MH.

2.4.4 Tanah Lempung

Tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan (Terzhagi, 1987). Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidro alumunium yang kompleks. Mineral lempung Mempunyai daya Tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar.

1. Sifat Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 2014) :

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002 mm
- b. Permeabilitas rendah
- c. Kenaikan air kapiler tinggi
- d. Bersifat sangat kohesif
- e. Proses konsolidasi lambat.

Sifat fisik dan keteknikan tanah lebih ditentukan oleh jenis dari klasifikasi tanah itu sendiri. Pengklasifikasian tanah dimaksudkan untuk mempermudah pengelompokkan berbagai jenis tanah kedalam kelompok tanah yang sesuai

Berdasarkan USCS tanah berbutir kasar adalah yang mempunyai presentase lolos saringan 200 < 50%, dan tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% saringan nomor 200, Tanah ini dibagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok kerikil dan tanah kerikil serta pasir dan tanah kepasiran . Tanah berbutir halus dibagi dalam (M), Lempung (C) yang didasarkan pada batas cairdan indeks plastisitasnya. Tanah organik juga termasuk dalam kelompok tanah berbutir halus.

Konsistensi dari tanah lempung dan tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air. Indeks plastisitas dan batas cair dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengembangan. Karakteristik pengembangan hanya dapat diperkirakan dengan menggunakan indeks plastisitas, (Holtz, W.G. dan Gibbs 1956).

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang akan dipadatkan pada kering optimum daripada yang dipadatkan basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999)

2.4.5 Timbunan Pada Tanah Lempung Lunak

Penambahan beban berupa tanah timbunan pada suatu permukaan tanah lempung dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara didalam pori, dan lain lainfaktor – factor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah

Timbunan pada lapisan tanah lempung berfungsi sebagai preloading yang mempercepat proses konsolidasi. Dengan terdisipasinya air pori pada lapisan tanah tersebut maka akan meningkatkan kuat geser tanah dan kohesi tanah, sehingga lapisan tanah tersebut dapat memikul beban yang besar dan mempengaruhi tinggi timbunan yang akan dipergunakan. Penentuan tinggi timbunan sesuai dengan nilai penurunan agar tanah timbunan tidak dibuang sia – sia dan dapat dijadikan pondasi dari suatu konstruksi. Tinggi timbunan beban *preloading* ini dihitung berdasarkan dari dukung tanah lempung mula -mula, kemudian dibandingkan dengan tinggi timbunan atau beban yang mampu diterima oleh tanah dasar yaitu H kritis (H_{cr})

2.5. Tanah Lunak

Tanah lunak mengandung mineral – mineral lempung dan mengandung kadar air yang tinggi. Di Indonesia tanah jenis ini terdapat pada areal lebih dari 20 juta hektar, lebih dari 10% dari daratan Indonesia.

Umumnya lapisan tanah yang disebut lapisan yang lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai harga pengujian penetrasi standar (*standard penetration test*) *N* yang lebih kecil dari 4 atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Demikian pula lapisan tanah berpasir yang dalam keadaan lepas mempunyai harga *N* kurang dari 10, diklasifikasi sebagai lapisan yang lunak. Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir – butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau.

Sifat – sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo, 2014) adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung

saja, akan tetapi dapat tercampur butir – butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

2.5.1. Karakteristik Tanah Lunak

Karakteristik dari tanah lunak yaitu memiliki gaya geser yang kecil, kemampuan besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah. Jika diberikan pembebanan (konstruksi) pada tanah tersebut yang melampaui daya dukung kritis, maka akan terjadi kerusakan tanah pondasi. Meskipun intensitas beban itu kurang dari daya dukung kritis, dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan meningkat yang akhirnya akan mengakibatkan berbagai kerusakan pada bangunan konstruksi. Sifat – sifat seperti ini menjadikan tanah lunak sebagai tanah yang kurang menguntungkan untuk dijadikan sebagai lapisan tanah dasar.

Berdasarkan hasil uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah menggunakan tangan (Braja M. Das, 1995) menyatakan nilai hasil pengujian dilapangan dan laboratorium, akan menunjukkan bahwa tanah tersebut lunak apabila: koefisien rembesan (k) sangat rendah ≤ 0.0000001 cm/dtk, batas cair (LL) $\geq 50\%$, angka pori (e) antara 2,5 – 3,2, kadar air dalam keadaan jenuh antara 90% - 120% dan berat spesifik (Gs) berkisar antara 2,6 – 2,9. Nilai berat jenis untuk berbagai j jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 1. :

Tabel 1. Berat jenis (Gs) berbagai jenis tanah (Darwis, 2018)

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Anorganik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75

Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

2.5.2. Tanah Lempung

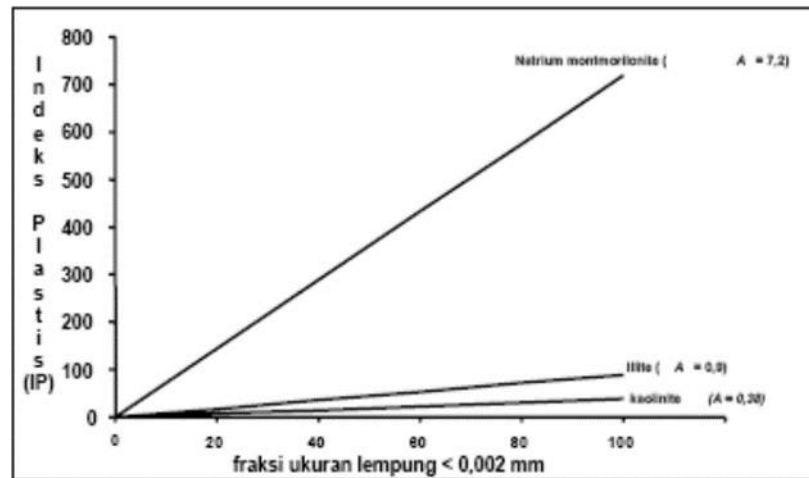
Tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung.

Menurut (Wesley, 2010), lempung adalah tanah yang terdiri dari butiran yang halus dan sangat kecil. Lempung memiliki sifat kohesif yang berarti butirannya saling menempel dan plastisitas yang memungkinkan tanah dapat berubah bentuk tanpa mengubah volume dan tidak menyebabkan retak atau pecah, serta tidak mengandung sejumlah bahan kasar yang dapat terlihat. Lempung memiliki ukuran butir lebih kecil dari 0,002 mm dan sebagian besar lempung hanya memiliki sekitar 15% sampai 50% kadar lempung. Lempung memiliki beberapa sifat yang dapat mempengaruhi konstruksi yang dibangun di atasnya, beberapa sifat tersebut adalah:

- a. Kepekaan (*sensitivity*), merupakan hilangnya kekuatan tanah lempung akibat gangguan atau pembentukan ulang tanah. Cukup diketahui bahwa kekuatan geser tak terdrainasi adalah pengukuran yang sederhana dari kuat geser tanah. Besarnya kepekaan lempung umumnya antara 1 sampai 4, tetapi sering juga ditemukan yang bernilai lebih dari 4. Ada banyak

tanah dengan kekuatan geser tak terdrainasi sebesar 100 kPa, tetapi mungkin juga indeks kecairan sebesar 1. Ketika tanah semacam ini dibentuk ulang, kekuatan geser turun sampai sekecil 2 kPa, sehingga kepekaannya menjadi 50. Terdapat jenis lempung yang memiliki kepekaan lebih dari 100 dan disebut quick clay.

- b. Thixotropi, merupakan istilah yang berarti kecenderungan lempung untuk memperoleh kekuatannya kembali setelah hilang akibat dibentuk ulang. Sangat jarang ada tanah yang memperoleh kembali kekuatan aslinya, pada kebanyakan tanah hanya sedikit kekuatan yang kembali.
- c. Aktivitas, didefinisikan sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (PI) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm (kadar lempung). Apabila nilai aktivitas kurang dari 0,75 dianggap rendah, diantara 0,75 sampai 1,25 normal, dan di atas 1,25 menunjukkan aktivitas yang tinggi. Ada hubungan erat antara jenis mineral lempung dan aktivitasnya. Kaolinite, halloysite, dan allophone beraktivitas rendah, illite beraktivitas sedang atau normal, sedangkan montmorillonite beraktivitas tinggi.



Gamba 6. Variasi Indeks Plastisitas (Hardiyatmo, 2002)

Seperti yang telah dijelaskan dalam gambar 4, bahwa ada beberapa kriteria tertentu dalam pengujian lapangan untuk menentukan sifat-sifat tanah lempung yaitu apabila meleleh diantar jari ketika diperas maka sifatnya sangat lunak, bila dapat diperas dengan mudah maka sifatnya lunak, bila dapat diperas dengan jari tapi dapat ditekan dengan jari, dan bersifat sangat kaku bila dapat ditekan dengan jari.

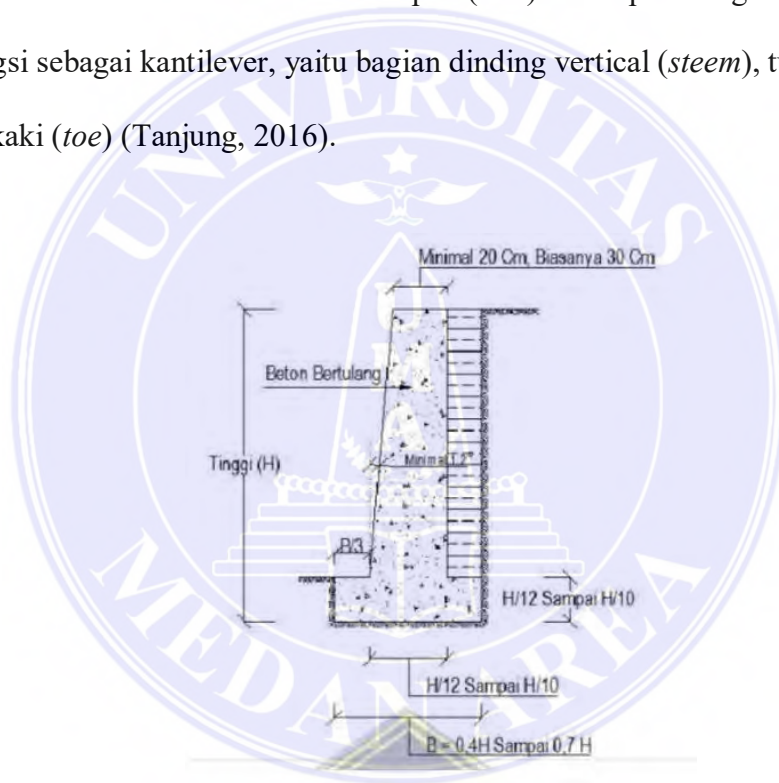
2.6 Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

Menurut Tanjung (2016), dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser. Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya.

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu, *sheet pile*, dinding gravitasi, dinding kantilever, dinding counterfort, dinding buttress.

2.6.1 Dinding Penahan Tanah Kantilever

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertical (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki (*toe*) (Tanjung, 2016).



Gambar 7. Dinding penahan tanah tipe kantilever (Hardiyatmo, 2014)

2.6.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan dinding penahan tanah, beberapa penyebabnya adalah tekanan tanah lateral, tekanan tanah lateral dapat berakibat pada kestabilan berupa stabilitas guling dan geser, hal lain yang dapat mempengaruhi kestabilan adalah bentuk dan berat dari konstruksi dinding

penahan tanah tersebut. Maka dari itu diperlukan perhitungan yang matang untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah. Beberapa diantaranya adalah kestabilan guling, kestabilan geser dan daya dukung tanah (Ramdhani, 2010). Faktor-faktor tersebut dikatakan baik dan aman apabila mampu memenuhi nilai *safety factor* (SF).

2.6.3 Stabilitas Guling (*Overtuning*)

Stabilitas guling merupakan stabilitas yang ditinjau atas dasar kondisi tanah yang mengalami guling karena diakibatkan oleh tekanan tanah aktif, tekanan tanah aktif yang berada dibagian belakang dinding menghasilkan momen yang menyebabkan terjadinya guling dengan pusat penggulingan berada dibagian bawah pondasi (Hardiyatmo, 2002).

Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan > 2,0 (tanah kohesif) yang diambil dari teori seorang ahli bernama Karl Terzaghi

Dengan rumus:

$$F_s \text{ guling} = \frac{\sum MR}{\sum Mo}$$

Dimana:

F_s guling = Faktor keselamatan penggulingan

M_b = Momen terhadap berat sendiri (kNm)

M_o = momen terhadap tekanan aktif (kNm)

2.6.4 Stabilitas Geser (*Sliding*)

Stabilitas terhadap geser adalah gaya geser yang diakibatkan oleh tekanan yang bersifat mendorong dinding penahan tanah tersebut, gaya-gaya tersebut diimbangi dengan gaya menahan akibat tekanan tanah pasif yang berada pada dinding bagian depan dan dasar tanah yang berada dibawah pondasi. Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan $> 2,0$ (tanah kohesif) yang diambil dari teori seorang ahli bernama Karl Terzaghi. Dengan rumus:

$$F_s \text{ geser} = \frac{(\Sigma V) \tan (2/3\Phi) + (B \cdot 2/3 c) + Pp}{Pa}$$

Dimana:

F_{gs} = Faktor keselamatan penggeseran

V_b = Gaya Vertikal (kN)

V_o = Gaya Horizontal (kN)

2.6.5 Stabilitas Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk mendukung dan menopang struktur yang ada di atasnya (Hakim dan Zaika, 2015). Kapasitas daya dukung tanah digunakan untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah, beberapa metode perhitungan daya dukung ultimit (q_u) menurut Terzaghi dan Hansen. Teori Terzaghi berlaku untuk pondasi dengan pembebanan *vertical* dan sentris, sedangkan Hansen digunakan untuk menghitung beban yang eksentris dan miring

a. Terzaghi

$$q_u = c N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma$$

Dimana:

c = kohesi tanah (kN/m^2)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat *volume* tanah (kN/m^3)

B = lebar kaki dinding penahan (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

b. Hansen

$$q_u = q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma$$

Dimana :

d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman

i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban

B = lebar kaki dinding penahan (m)

e = eksentrisitas beban (m)

γ = berat *vvolume* tanah (kN/m^3)

N_c, N_q, N_γ = factor-faktor kapasitas dukung Hansen dan Vesic

Faktor keamanan yang harus dipenuhi dalam perhitungan kapasitas daya dukung tanah dapat ditentukan melalui rumus berikut:

$$F_s \text{ daya dukung tanah} = q_u / q_{\text{max}}$$

Dimana :

q = tekanan akibat beban struktur (kN/m^2)

q_u = tekanan tanah ultimit (kN/m^2)

Pada stabilitas daya dukung terdapat 2 (dua) mode keruntuhan daya dukung, yakni: keruntuhan geser global, dan keruntuhan geser lokal. Geser lokal ditandai dengan “peremasan (*squeezing*)” dari tanah pondasi apabila terdapat tanah lunak atau bersifat lepas dibawah dinding.

c. Geser Global

Untuk mencegah keruntuhan daya dukung, tegangan vertical yang dihitung dengan tipe Meyerhoff tdk melebihi daya dukung izin tanah pondasi yang telah ditentukan dengan memepertimbangkan faktor keamanan sebesar 2,5.

$$\sigma_v \leq q_u = q_{ult} FK$$

Persamaan tegangan vertical σ_v pada pondasi dengan mengasumsikan distribusi tipe Meyerhoff:

$$q_{ult} = c_r \cdot N_c + 0,5L \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma$$

dimana:

c_r = kohesi (kN/m^2)

γ_f = berat isi tanah (kN/m^3)

Tabel 2. Koefisien Daya Dukung Tanah (DPU, 2009)

No	ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1	0	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.2	14.47
2	5.63	1.2	0.15	28	25.8	14.72	16.72
3	5.9	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.4	22.4
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.9

6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.3	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.8	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	37.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.2	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.9	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.1	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.8	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.4	5.39	46	152.1	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.2	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.2	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.6	9.44	50	266.89	319.07	762.89

d. Geser Lokal

Untuk mencegah pergerakan horizontal struktur yang besar pada tanah berkohesif rendah, persyaratan berikut ini harus dipenuhi:

$$\gamma H \leq 3c$$

Jika kondisi tersebut tidak memadai, maka perlu adanya perbaikan tanah pondasi.

2.7 Korelasi Nilai *Standard Penetration Test* (SPT)

Nilai SPT dapat digunakan untuk memperkirakan nilai sudut geser dalam (ϕ) untuk tanah granular. Nilai sudut geser dalam mempunyai korelasi dengan nilai *Standar Penetration Test* (SPT). Wolff (1989) membuat pendekatan korelasi nilai sudut geser dalam dan NSPT dalam persamaan:

$$\phi^{\circ} = 27,1 + 0,3N - 0,00054N^2$$

“Road Bridge Specifications” di Jepang (Shio dan Fukui 1982) menyarankan untuk nilai N SPT > 5, menggunakan persamaan:

$$\phi^{\circ} = (15N)^{1/2} + 15$$

2.8 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif *Rankine*

Johtata (1997) menjelaskan *rankine* menyelidiki keadaan tegangan didalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis. Keseimbangan plastis adalah suatu kondisi dimana setiap titik dalam suatu massa tanah menuju proses keadaan runtuh. Komponen gaya-gaya yang bekerja pada turap dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung tegangan tanah lateral aktif (σ_a) dan tegangan tanah lateral pasif (σ_p) menggunakan Teori *Rankine*.

Menurut Braja M.Das (2007), persamaan untuk tekanan tanah aktif dan pasif rankine dirumuskan sebagai berikut: menurut teori *Rankine*, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H, dapat dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$P_a = 1/2\gamma H^2 K_a$$

γ = Berat isi tanah (g/cm^3)

H = Tinggi dinding (m)

Φ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

2.8.1 Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif menurut teori *Rankine* adalah metode untuk menghitung tekanan tanah lateral yang bekerja pada struktur seperti dinding penahan tanah. Teori ini mengasumsikan bahwa tanah berada dalam kondisi kegagalan geser pada saat tekanan aktif atau pasif terjadi. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitung tekanan tanah aktif menggunakan teori Rankine:



Gambar 8 Tekanan Aktif *Rankine* (Das, 2011)

Tekanan tanah aktif:

$$\sigma'a = \sigma'oKa - 2c Ka$$

dengan :

$$Ka = \text{Koefisien tekanan aktif Rankine} = \tan^2(45 - \phi/2)$$

Gambar distribusi tekanan aktif dapat dilihat pada gambar 8. Nilai $\sigma'o = 0$ ketika $z = 0$ dan $\sigma'o = \gamma H$ ketika $z = H$ (Pada Gambar 8). Terlihat bahwa tekanan

pada $z = 0$ adalah $\sigma_a = -2c / K_a$ yang menunjukkan adanya tegangan tarik (*tensile stress*). Tegangan tarik akan berkurang terhadap kedalaman dan menjadi 0 pada kedalaman $z = z_c$ (kedalaman *tensile crack*), atau $\gamma z_c K_a - 2c = 0 \Rightarrow z_c = 2c / K_a$

Karena tegangan Tarik pada tanah menyebabkan retak sepanjang permukaan dinding tanah. Maka, dapat diketahui total gaya aktif *Rankine* sebelum *tensile crack* dengan rumus berikut: $P_a = \int_0^{z_c} (\gamma z K_a - 2c) dz = \frac{1}{2} \gamma K_a z_c^2 - 2c z_c$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2cH$$

Dengan:

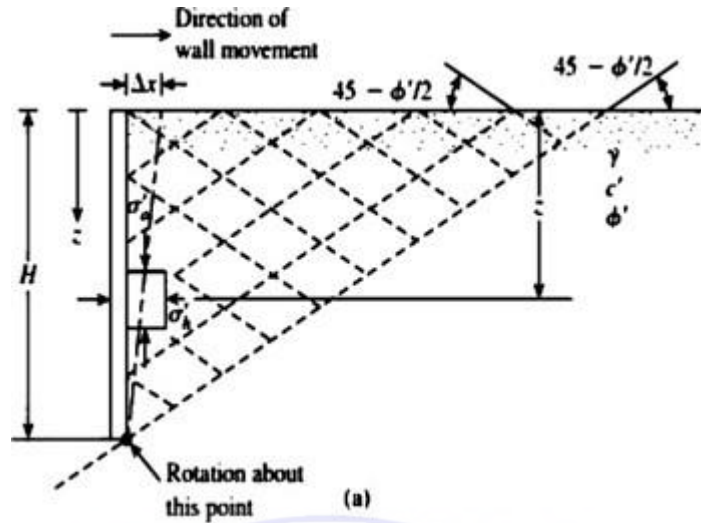
γ = massa jenis tanah

c = nilai kohesi tanah

K_a = koefisien tekanan aktif Rankine

2.8.2 Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif menurut teori *Rankine* digunakan untuk menghitung tekanan tanah yang bekerja pada struktur penahan tanah, seperti dinding penahan, ketika tanah ditekan terhadap struktur tersebut. Teori Rankine memberikan cara sederhana untuk menghitung tekanan tanah pasif berdasarkan sifat tanah dan kondisi tegangan.



Gambar 9. Tekanan pasif Rankine (Das, 2011)

Tegangan tanah pasif:

$$\sigma'p = \sigma'oKp + 2c Kp$$

dengan:

$$kp = \text{Koefisien tekanan pasif Rankine} = \tan^2 (45 \phi/2)$$

Gambar distribusi tekanan pasif dapat dilihat pada gambar9. Ketika nilai $z = 0$, $\sigma'o = 0$ dan $\sigma'p = 2c'' Ka$. Dan ketika $z = H$, $\sigma'o = \gamma H$ dan $\sigma'p = 2c Kp$. Maka, 30 dapat diketahui total gaya pasif Rankine per satuan panjang dinding dengan rumus berikut :

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma H^2 Kp + 2c Kp \sigma'1 = \gamma L1Ka$$

Dengan:

γ = massa jenis tanah

c = nilai kohesi tanah

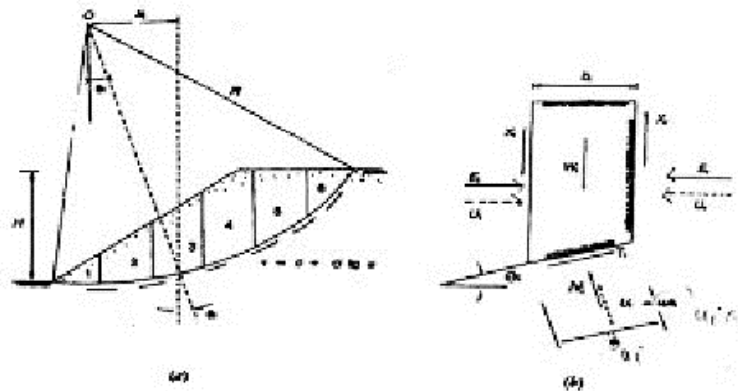
K_a = koefisien tekanan pasif *Rankine*

2.9 Metode Bishop (*Simplified Bishop Method*)

Metode Bishop adalah Metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop,1955).

Pada metode ini ada beberapa asumsi, diantaranya:

1. Pada metode ini keruntuhan diasumsikan akibat gerakan rotasi dari tanah tersebut yang mana keruntuhan tersebut berbentuk lingkaran. Metode ini tidak bisa digunakan untuk menghitung faktor keamanan dari sebuah keruntuhan yang tidak memiliki bidang keruntuhan berbentuk lingkaran.
2. Nilai dari gaya horisontal pada kedua sisi dapat diabaikan karena tidak diketahui nilainya dan sulit untuk dihitung.
3. Gaya normal yang bekerja diasumsikan bekerja ditengah bidang irisan dan diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah vertikal.



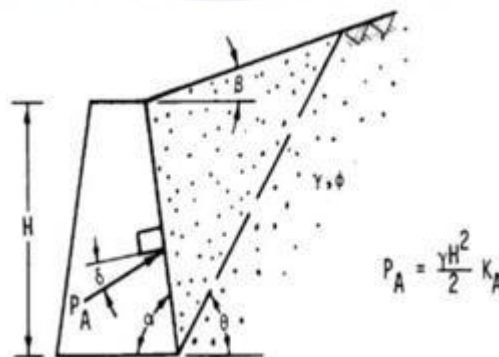
Gambar 10. Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Irisan (Hardiyatmo, 2003)

2.10 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Coulomb

Charles Augustin Coulomb (1776) sering digunakan oleh *National Concrete Masonry Association*. *Coulomb* mempertimbangkan gesekan dinding serta gaya lateral pada dinding penahan berdasarkan batas keseimbangan.

2.10.1 Tekanan Tanah Aktif

Teori tekanan tanah aktif *Coulomb* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung tekanan tanah lateral pada dinding penahan atau struktur lainnya. Metode ini mempertimbangkan kondisi kinematik dan friksi antara tanah dan dinding, serta sudut kemiringan dinding dan permukaan tanah.



Gambar 11. Tekanan Tanah Aktif *Coulomb* (Budhu, 2011)

$$PP = \frac{1}{2} \times H^2 \times (\gamma_s) \times K_p$$

Rumus koefisien tekanan tanah pasif sebagai berikut:

$$\sigma_2 = \partial \times z \times K_p - 2c \sqrt{Ka} p$$

2.11 Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW)

GSRW merupakan suatu konstruksi dinding penahan tanah yang terdiri atas lapisan-lapisan tanah timbunan yang didapatkan dan memiliki facing yang terbuat dari beton precast dengan akurasi tinggi, diperkuat menggunakan sabuk atau disebut GI-Strip. Perbedaan GSRW dengan produk segmental lainnya terletak pada kekokohan struktur yang sudah teruji, harga yang kompetitif jika dibandingkan dengan produk segmental sejenis, kemudahan pengaplikasian pemasangan di lapangan yang berefek pada efisien waktu kerja dan juga terletak pada sisi estetika yang dapat menambahkan aspek keindahan dari sistem segmental yang dibangun, sebagai contoh Pembangunan fly over yang dibangun di tengah kota dengan menggunakan GSRW tentunya akan memberikan nilai tambah pada keindahan kota.

Sistem GSRW berfungsi sebagai perkuatan tanah timbunan dengan konstruksi yang tegak. PT. geoforce Indonesia mengusulkan salah satu solusi dengan menggunakan system GSRW yang merupakan *Mechanically Stabilized Earth Wall* atau yang dikenal juga dengan MSEW.



Gambar 2. Contoh konstuksi GSRW (Dokumen Lapangan, 2023)



Gambar 3. Sketsa *System* GSRW (Dokumen Lapangan, 2023)

2.12 Keunggulan Sistem GSRW

Beberapa keunggulan dari sistem GSRW adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan yang cepat. Setelah proses pencetakan beton dilapangan, pemasangan panel dapat dilakukan dengan pemasangan yang relatif cepat.
2. *Quality Control* yang baik. Pengujian kepadatan dilakukan pada setiap lapis perkuatan sebelum pemasangan *GI-Strip*. Hal ini untuk mendapatkan hasil pekerjaan yang baik.
3. Perkuatan yang kokoh. Pemasangan sabuk perkuatan yang menerus dapat memberikan efek stabilitas pada dinding panel agar terjaga dengan baik.

4. Harga yang kompotitif. Dibandingkan dengan struktur dinding penahan tanah lainnya, contohnya dinding gravitasi, system GSRW lebih ekonomis dan menghasilkan kualitas tinggi.
5. Aspek estetika. Desain menarik dari model panel dapat menambahkan nilai estetika pada konstruksi.
6. Teknisi yang professional. Tim geoforce Indonesia memiliki sertifikasi ahli geoteknik dengan tingkat G-0 dan G-1 dari HATTI.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Dan Peta Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk penelitian ini yaitu Proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power. Lokasinya yang terletak di Desa Sibanggor Tonga, Kec. Puncak Sorik Merapi, Kab. Mandailing Natal, Sumatra Utara merupakan salah satu daerah di pulau Sumatera. Dimana berdasarkan hasil penyelidikan tanah dilapangan yang berupa hasil uji alat sondir dan boring, pada lokasi tersebut termasuk jenis tanah dan diperlukan perbaikan tanah terlebih dahulu sebelum dilakukan pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).



Gambar 13. Lokasi Pekerjaan (Google Earth, 2023)

3.2 Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini merupakan rangkaian kegiatan sebelum melakukan pengumpulan data dan pengelolaan data. Dalam tahap ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan agar mengefektifkan waktu dan pekerjaan.

Adapun tahap-tahap persiapan meliputi:

1. Studi pustaka materi tugas akhir untuk menentukan garis besar permasalahan
2. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan
3. Mencari informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber
4. Survey lokasi untuk mengetahui gambaran kondisi pada lokasi proyek

Persiapan diatas harus dilakukan dengan cermat agar terhindar dari bagian yang terlupakan ataupun pekerjaan yang terulang.

3.3 Tahap Penelitian

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis melakukan beberapa tahap dan pelaksanaan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari penelitian seperti yang diuraikan pada Bab I, tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana perencanaan perkuatan tanah yang aman dengan menggunakan metode Stabilitas Lereng (*Slope Stability*), yang didasarkan pada data pengujian dilapangan, pengolahan data.

Dalam mencapai tujuan tersebut, maka dilakukan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Tahap Pertama

Mengumpulkan berbagai jenis literature dalam bentuk buku maupun tulisan ilmiah yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini.

2. Tahap Kedua

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data dari hasil penyelidikan tanah yaitu berupa hasil boring pada tanah dan data spesifikasi bahan yang digunakan. Adapun data tersebut diperoleh dari PT. Berkat Karunia Phala.

3. Tahap Ketiga

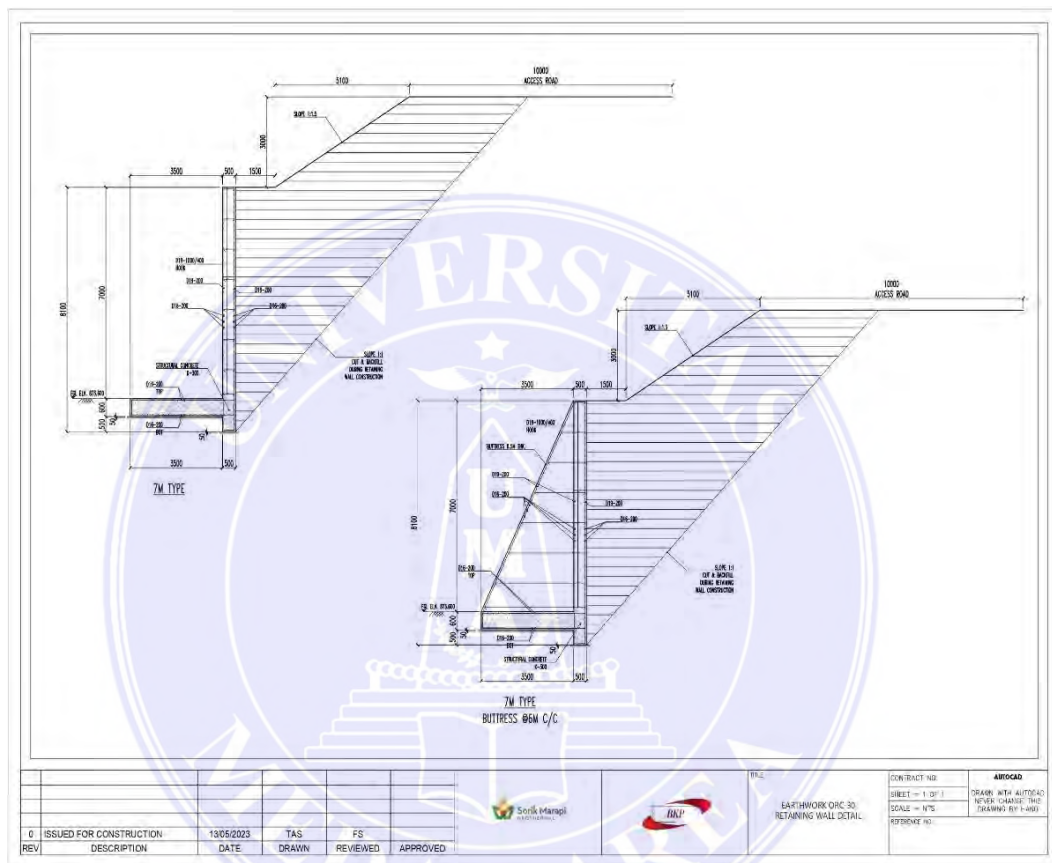
Melakukan analisis sesuai dengan data-data yang diperoleh PT. Berkat Karunia Phala dan data yang didapat dari hasil wawancara lapangan berdasarkan dengan sumber referensi (jurnal dan buku yang berhubungan dengan tanah) yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.

4. Tahap Keempat

Menentukan hasil dari faktor keamanan lereng yang menggunakan dinding *Retaining Wall* dengan perkuatan Stabilitas Lereng yang didapat dari referensi jurnal.

3.4 Tambahan Detail *Retaining Wall*

Pada Proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power akan dibangun dinding penahan tanah tipe *Retaining Wall*. Berikut ini adalah detail gambar rencana *Retaining Wall*.



Gambar 14. Detail Gambar Rencana *Retaining Wall* (Dokumen Lapangan, 2024)

3.5 Dinding Penahan Tanah Kantilever

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertical (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki (*toe*) (Tanjung, 2016).

3.5.1 Mengumpulkan Data Tanah dan Beban

1. Berat volume tanah basah (γ_{sat})
2. Sudut geser (Φ)
3. kohesi (c)
4. Berat volume air (γ_w)
5. Berat jenis beton (γ)
6. Berat jenis efektif

3.5.2 Menghitung Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

1. Tekanan Aktif

Tekanan tanah aktif dihitung menggunakan teori Rankine

sebagai berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Di mana :

- a. P_a : Tekanan tanah aktif
- b. γ : Berat jenis beton
- c. H : Tinggi dinding penahan

d. K_a : Koefisien tekanan tanah aktif

2. Tekanan Pasif

Tekanan tanah pasif dihitung menggunakan teori Rankine

sebagai berikut:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

- a. P_p : Tekanan tanah pasif
- b. γ : Berat jenis beton
- c. H : Tinggi dinding penahan
- d. K_p : Koefisien tekanan tanah pasif

3.5.3 Menghitung Momen dan Gaya yang Bekerja

1. Momen Pengguling

Momen pengguling dihasilkan oleh gaya aktif tanah (P_a) pada titik pusat tekanannya (di sepertiga bawah dari tinggi dinding):

$$\sum M_o = P_a \left(\frac{H}{3}\right)$$

Di mana :

- a. M_o : Momen pengguling
- b. P_a : Tekanan tanah aktif
- c. H : Tinggi dinding penahan

1. Momen Penahan

Momen penahan dihasilkan oleh berat dinding dan berat tanah di atas fondasi. Asumsi bahwa dinding dan tanah di atasnya bertindak sebagai satu unit:

$$\sum MR = W \left(\frac{B}{2}\right)$$

Di mana :

- a. MR : Momen penahan
- b. W : Berat dinding
- c. B : Lebar Pondasi

3.5.4 Menghitung Stabilitas

1. Faktor keamanan terhadap guling

$$F_s \text{ guling} = \frac{\sum MR}{\sum Mo}$$

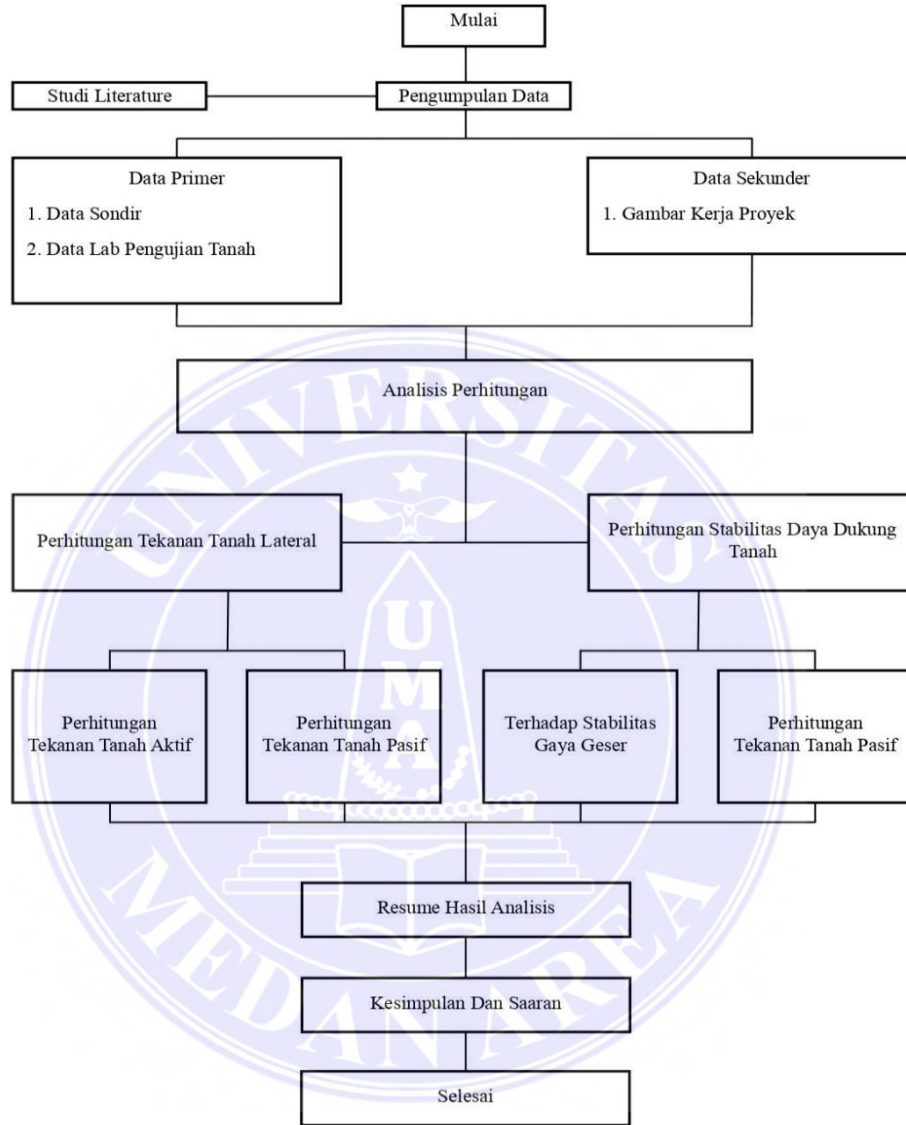
2. Faktor keamanan terhadap geser

$$F_s \text{ geser} = \frac{(\sum V) \tan (2/3\Phi) + (B \cdot 2/3 c) + Pp}{Pa}$$

3. Faktor keamanan terhadap daya dukung tanah

$$F_s \text{ daya dukung tanah} = qu/q_{max}$$

3.6 Kerangka Berfikir Penelitian



Gambar 15. Bagan Alir Penelitian (Penulis, 2024)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan pada metode manual memiliki hasil yang aman untuk di gunakan pada perhitungan Stanilitas Lereng pada Proyek Pembangunan Power Plan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)-Sorik Marapi Geothermal Power, dikarenakan gaya geser dan gaya guling memiliki nilai SF yang lebih besar dari standart yang digunakan. Pada perhitungan daya dukung menggunakan data lapangan dinyatakan aman dikarenakan nilai SF lebih besar dari standart yang digunakan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis, penulis menyarankan sebagai berikut:

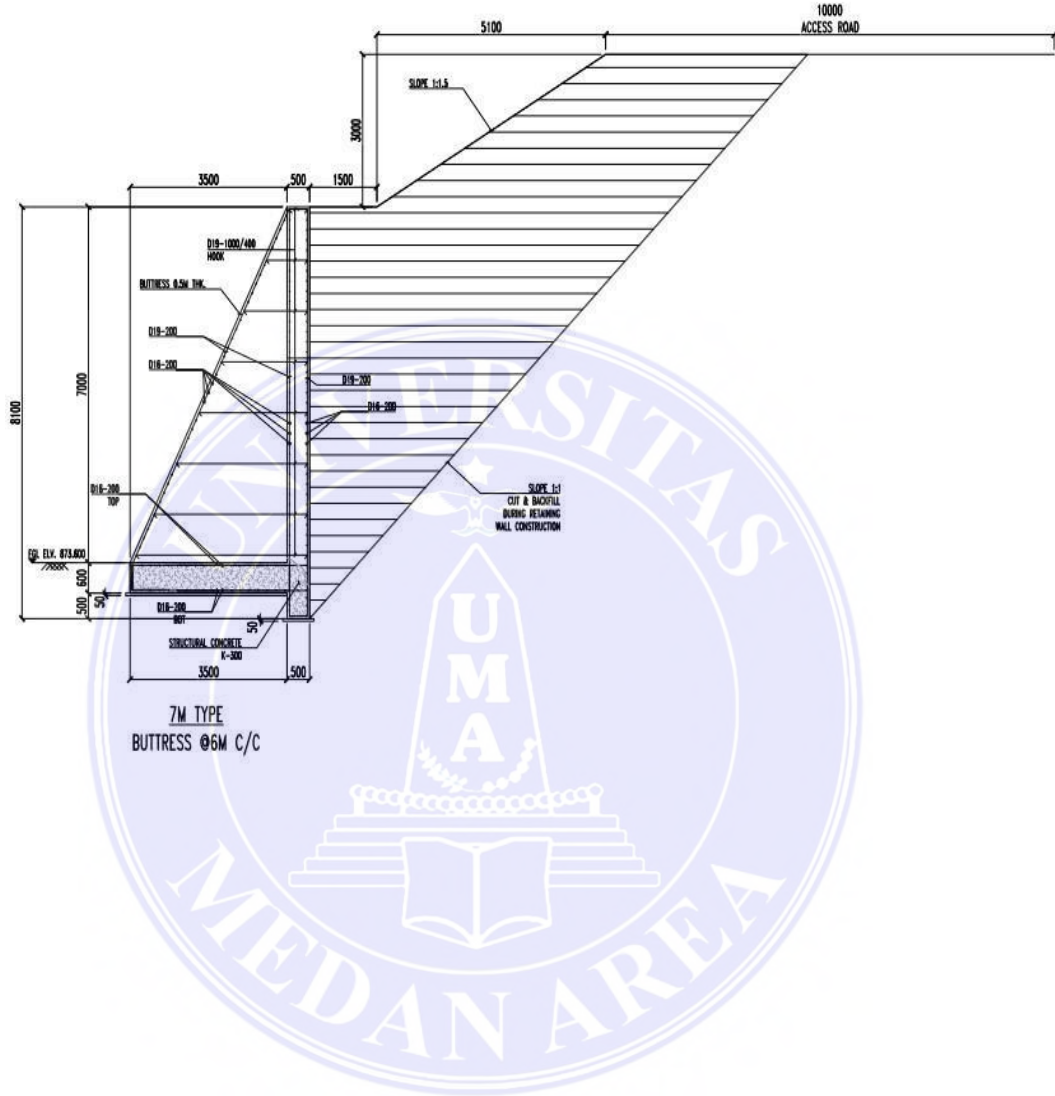
1. Pengambilan data tanah sebaiknya dilakukan sedekat mungkin dengan *instrument settlement plate* agar data yang dianalisis mewakili kondisi tanah yang sebenarnya.
2. Pada saat perhitungan menggunakan metode manua dibutuhkan data-data pengujian yang lengkap sehingga disarankan agar pengujian laboratorium dilakukan selengkap mungkin disetiap lapisan tanah, sehingga didapatkan data lapangan yang lebih akurat.
3. Dalam Pembangunan *RETAINING Wall* pada lereng di perlukan analisis yang mendalam dan ketelitian sehingga tidak terjadinya kesalahan-kesalahan fatal yang dapat mengancam nyawa

DAFTAR PUSTAKA

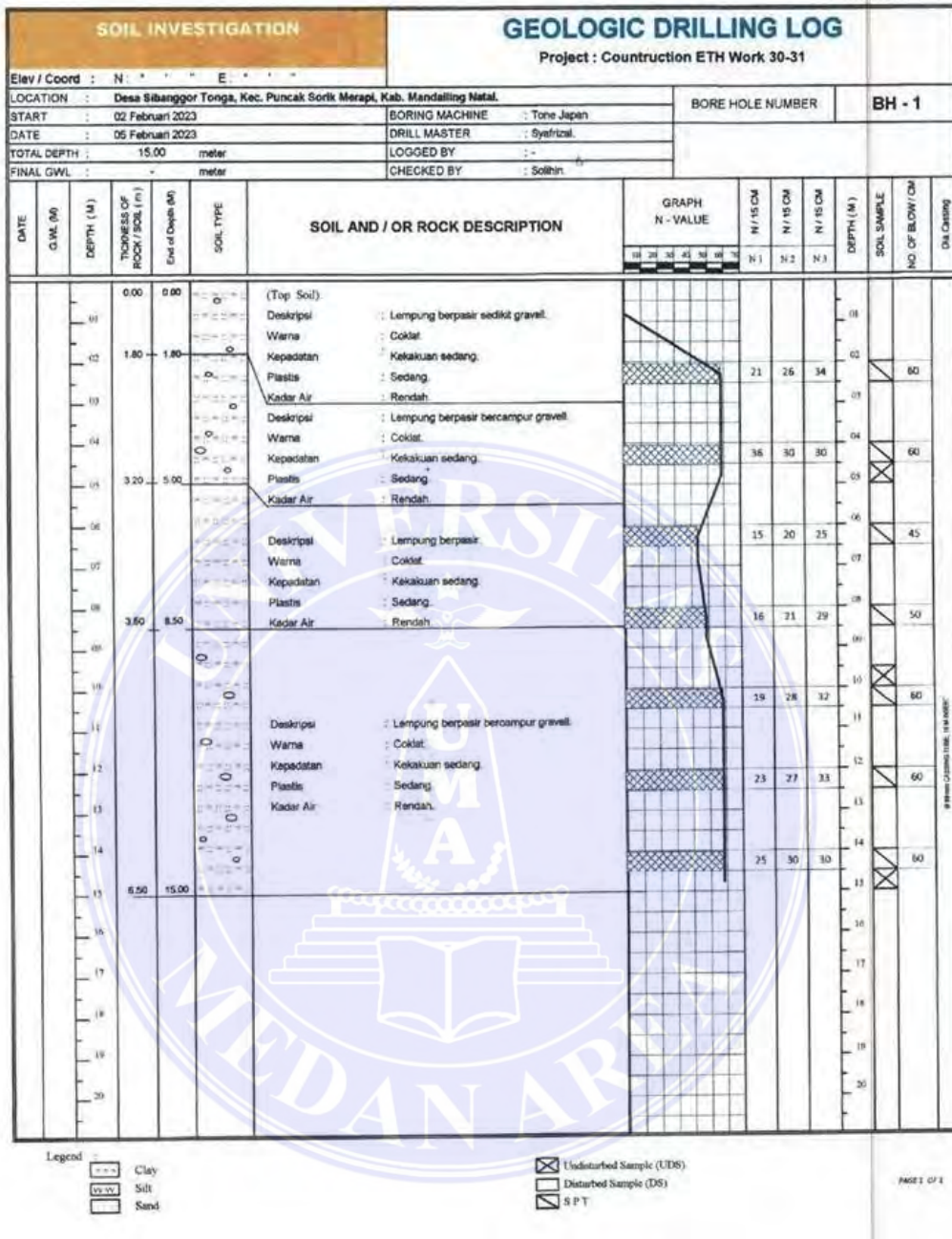
- Anderson, M.G., Richard K.S., 1987. *Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology*, John Wiley and Sons.
- Bowles, Joseph E., Hainim Johan K., 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das Bradja M., Endah Noor. 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 1. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Bradja M., Endah Noor., 1994. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hardiyatmo, H. C, 2002. *Mekanika Tanah I* (3rd ed). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Muntahar, A.S. 2015: Tanah Longsor: Analisis-Prediksi-Mitigasi. Penerbit Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta..
- Muhammad Amad Arifin, F. (2019). Tinjauan Nilai Permeabilitas Tanah Tanggul Canal Blocking. Jurnal GRADASI TEKNIK SIPIL, *Volume 3, No. 1.*
- Najoan. 2002. Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan Geoteknik. Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Prasetyo, Dodik. 2014. Pengaruh Kemiringan Lereng Dan Jumlah Lapisan Geotekstil Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Permodelan Fisik Lereng Pasir. Makalah Jurnal Teknik Sipil. Vol 3. No. 1. Malang
- Sinaga, Parale M T. 2019. "Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan."

LAMPIRAN

Lampiran 1. Detail gambar rencana *Retaining Wall* tipe kartilever



Lampiran 2. Data Borelog



Lampiran 3. Consolidation Test

CONSOLIDATION TEST
ASTM D - 2435 79

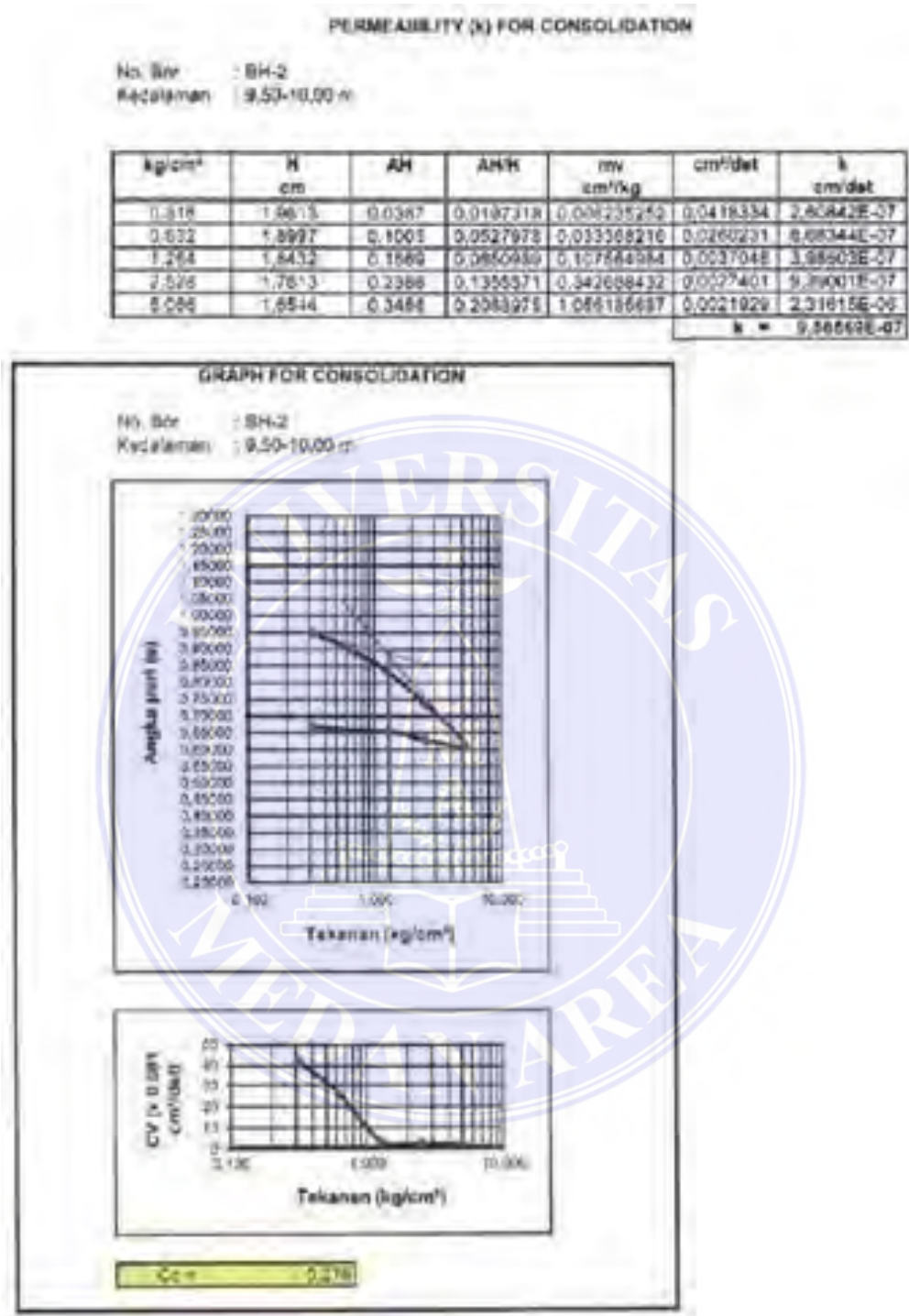
Sol. No : BH-2
Depth : 9,50-10,00 m
Proyek : SOIL INVESTIGATION CRC 30 & 31

Waktu Pembacaan	LOADING (kg)								
	1	2	4	8	16	32	64	1	
0.00 second	0	77.4	154.8	309.6	619.2	1238.4	2476.8	557.0	
9.00 second	56	97.5	195.0	390.0	780.0	1560.0	3120.0		
21.40 second	80	99.2	198.4	396.8	793.6	1587.2	3174.4		
38.40 second	60	100.7	201.4	402.8	805.6	1611.2	3222.4		
1.00 minutes	83	103.2	206.4	412.8	825.6	1651.2	3302.4		
3.15 minutes	65	106	212	424	848	1696	3392		
4.00 minutes	66	108.5	217	434	868	1736	3472		
6.00 minutes	68.4	112	224	448	896	1792	3584		
10.00 minutes	71.5	115	230	460	920	1840	3680		
35.00 minutes	72.2	116.6	233.2	466.4	932.8	1865.6	3731.2		
38.00 minutes	72.9	117.4	234.8	469.6	939.2	1878.4	3756.8		
49.00 minutes	73.3	118.8	237.6	475.2	950.4	1900.8	3801.6		
24.00 hours	77.4	123	246	492	984	1968	3936	355	
Constant									
Thickness	cm	0.0774	0.1232	0.1905	0.3770	0.4042	0.3920	0.3670	0.3550

water Content and Unit Weight		Before	After	Void Ratio and Degree of saturation		Before	after
weight of soil + ring		197.82	194.54	height of soil (cm)		2.00	1.785
weight of ring		81.82	81.82	void ratio (e)		1.027	0.809
weight of wet soil		115.80	112.72	ring height, Ht (cm)		0.98	0.89
weight of dry soil		83.02	83.02	diameter of ring (cm)		6.35	6.35
weight of water		32.78	29.70	sample area (cm ²)		31.85	31.85
water content		39.48	35.77	Volume (cm ³)		83.308	80.951
unit density		1.820	1.806	degree of saturation (%)		102.22	113.58
				specific gravity (Gs)		2.655	2.655

Tekanan kg/cm ²	Pembacaan w/olj (cm)	Penurunan kotor (cm)	Koreksi alat	Penurunan (dr) (cm)	d s * dr/16	e * ec - de	Penurunan rata-rata (cm)	Tinggi rata-rata (cm)	100 (dena)	Cv
0.318	0.0774	0.0774	-	0.0774	0.0794	0.64818	0.0387	1.8513	15.48	0.0418
0.632	0.1232	0.1232	-	0.1232	0.1248	0.90177	0.1003	1.6991	29.40	0.0269
1.264	0.1905	0.1905	-	0.1905	0.1930	0.83358	0.1569	1.8422	194.40	0.0027
2.528	0.3770	0.3770	-	0.3770	0.3800	0.73676	0.2388	1.7613	240.00	0.0027
5.056	0.4042	0.4042	-	0.4042	0.4088	0.61703	0.3450	1.6544	264.80	0.0022
2.022	0.3920	0.3920	+	0.3920	0.3972	0.82036	0.3081	1.8018		
1.264	0.3670	0.3670	+	0.3670	0.3718	0.85473	0.3795	1.6205		
0.318	0.3550	0.3550	-	0.3550	0.3597	0.68689	0.3810	1.6392		
CV rata-rata									0.0183	

Lampiran 4. Grafik *Consolidation Test*



Lampiran 5. Analisa Saringan

PT. ARTEK UTAMA
Engineering Consultant
Jl. Raya ...

ANALISA SARINGAN
(Sieve Analysis Test)

Bore No : BH-2
Depth : 14,50-15,00 m
Project : SOIL INVESTIGATION PLATFORM PREPARATION ORC 30 & 31

A. Rough Fraction Dry Soil Weight = 200,00 gr

Number Of Sieve	weight above (gr)	count of weight abo (gr)	percentage above (%)	Percent through (%)	Persen seluruh/Percent of all examples through (%)
3 inch	-	-	-	100,00	100,00
1 inch	-	-	-	100,00	100,00
3/4 inch	-	-	0,00	100,00	100,00
1/2 inch	-	0,00	0,00	100,00	100,00

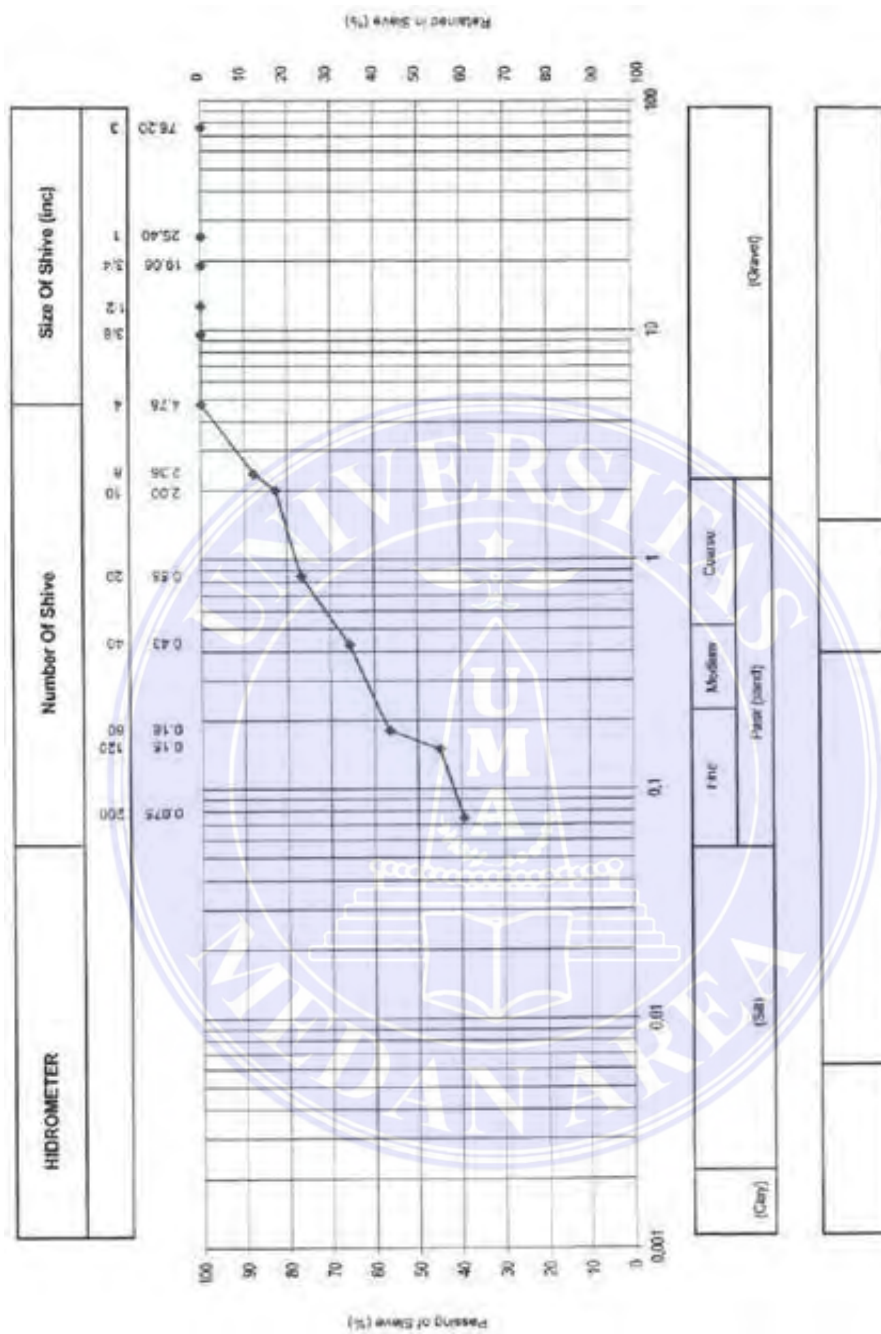
B. Medium Fraction Dry Soil Weight = 200,00 gr

Number Of Sieve	weight above (gr)	count of weight abo (gr)	percentage above (%)	Percent through (%)	Persen seluruh/Percent of all examples through (%)
3/8 inch	-	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 4	8,12	8,12	4,06	95,44	95,44
No. 6	15,12	24,24	12,12	87,88	87,88

C. Fine fraction Dry Soil Weight = 175,76 gr

Number Of Sieve	weight above (gr)	count of weight abo (gr)	percentage above (%)	Percent through (%)	Persen seluruh/Percent of all examples through (%)
No. 10	10,11	34,35	17,18	82,83	82,83
No. 20	12,12	46,47	23,24	76,77	75,77
No. 40	22,12	68,59	34,30	65,71	65,71
No. 80	18,45	87,04	43,62	56,48	56,48
No. 120	23,12	110,18	55,06	44,92	44,92
No. 200	11,12	121,28	60,04	39,39	39,39

Lampiran 5. Analisa Saringan



Lampiran 5. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

