

**ANALISIS PERKUATAN TANAH MENGGUNAKAN
MECHANICALLY STABILIZED EARTH (MSE) WALL PADA
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS
PEKANBARU-PADANG**

SKRIPSI

OLEH:

**AULIA RAHMI
198110039**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/1/24

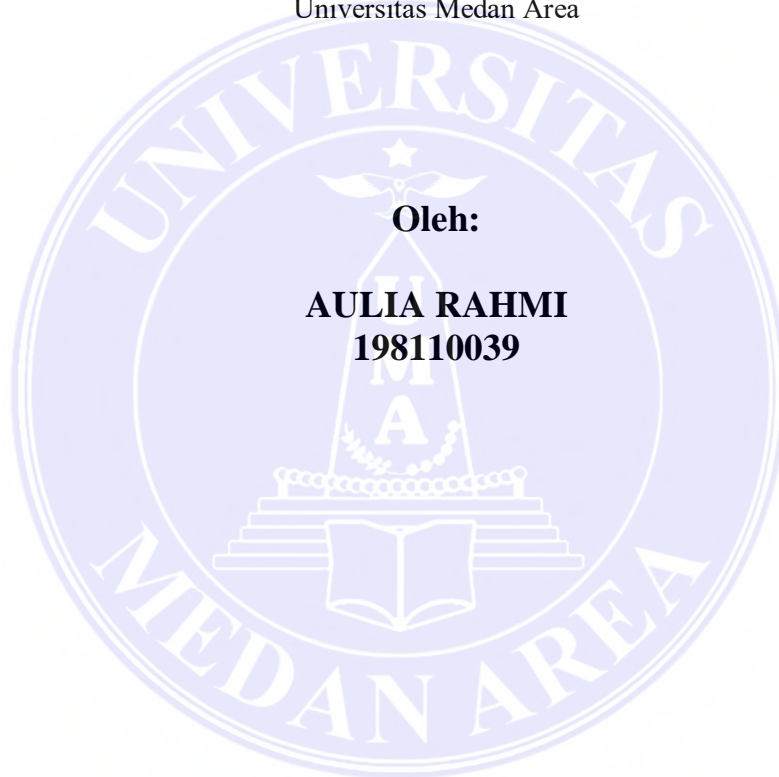
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)18/1/24

**ANALISIS PERKUATAN TANAH MENGGUNAKAN
MECHANICALLY STABILIZED EARTH (MSE) WALL PADA
PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS
PEKANBARU-PADANG**

SKRIPSI

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



Oleh:

**AULIA RAHMI
198110039**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

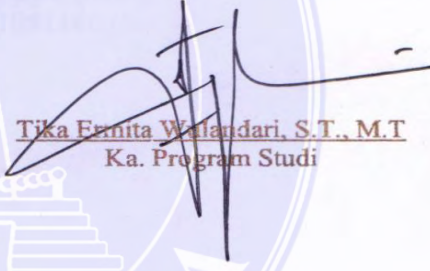
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan *Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall* Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru-Padang
Nama : Aulia Rahmi
NPM : 198110039
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


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


Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom
Dekan


Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 03 Agustus 2023

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, 03 Agustus 2023



Aulia Rahmi
198110039

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Aulia Rahmi
NPM : 198110039
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

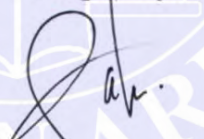
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan *Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall* Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru-Padang. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif 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 : 03 Agustus 2023

Yang menyatakan



(Aulia Rahmi)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Patumbak Pada tanggal 11 Maret 2001 dari Ayah Alm. Ilham dan Ibu Jumainun Penulis merupakan putri ke 2 dari 2 bersudara. Tahun 2019 Penulis lulus dari SMK Negeri 5 Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT.Wijaya Karya (Persero) Tbk pada proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru – Padang.



KATA PENGANTAR

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 Geoteknik dengan judul Analisis Perkuatan Tanah Menggunakan *Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall* Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru-Padang. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman, sahabat, pacar saya, PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk dan Tim Wika Pkdang yang 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, kritik 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



(Aulia Rahmi)

ABSTRAK

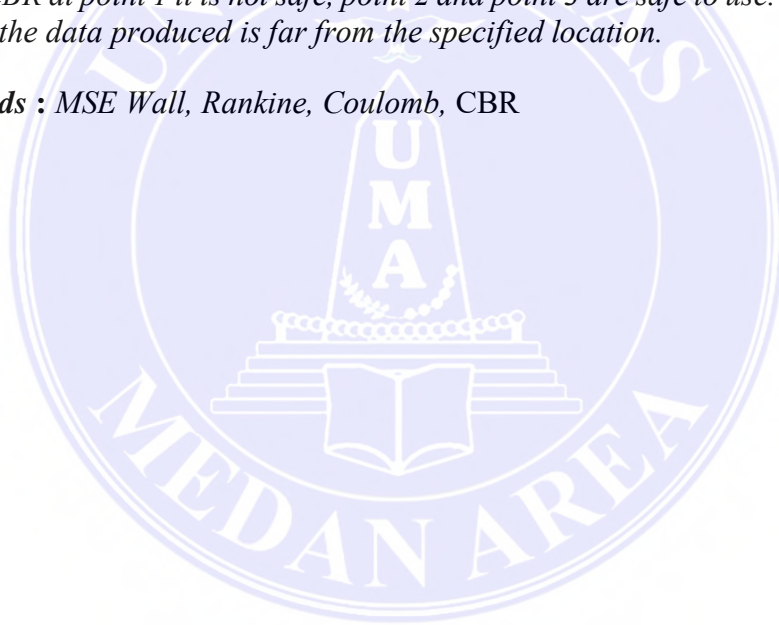
Pada ruas Jalan Tol Pekanbaru-Padang akan dibuat jalan diatas permukaan tanah yang miring sehingga perlu penimbunan tanah agar elevasi tanah sesuai perencanaan. Hal tersebut dapat menyebabkan kelongsoran apabila tidak diberi pengaman lereng pada area tanah timbunan. *Mechanically stabilized earth* (MSE) *Wall* merupakan dinding penahan tanah yang menggunakan perkuatan internal secara berlapis dengan mekanisme friksi antara tanah dengan material perkuatan. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaplikasian dinding *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* dengan menggunakan metode *Rankine* dan *Coulomb*. Hasil analisis menunjukkan stabilitas terhadap gaya guling pada *Rankine* $SF = 4,37 \geq 1,5$ (aman) stabilitas terhadap geser $SF = 2,06 \geq 1,5$ (aman), dan analisis stabilitas terhadap gaya guling pada *Coulomb* $SF = 8,51 \geq 1,5$ (aman) stabilitas terhadap geser $SF = 4,54 \geq 1,5$ (aman), dan hasil daya dukung menggunakan CBR pada titik 1 = 0,52%, pada titik 2 = 1,03% dan pada titik 3 1,37%. Kesimpulan yang didapat dalam menganalisis perhitungan MSE *wall* pada Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Padang. Bahwasanya untuk perhitungan menggunakan metode *rankine* dan *coulomb* aman digunakan, namun untuk perhitungan daya dukung menggunakan CBR pada titik 1 tidak aman, titik 2 dan titik 3 aman digunakan. Dikarenakan saat pengujian data yang dihasilkan jauh dari lokasi yang ditentukan.

Kata Kunci : MSE *Wall*, *Rankine*, *Coulomb*, CBR.

ABSTRACT

On the Pekanbaru-Padang Toll Road section, the road will be built on a sloping ground surface so it will be necessary to fill up the land so that the land elevation matches the plan. This can cause landslides if slope protection is not provided in the embankment area. Mechanically stabilized earth (MSE) Wall is an earth retaining wall that uses internal reinforcement in layers with a friction mechanism between the soil and the reinforcement material. In this research, an analysis of the application of Mechanically Stabilized Earth (MSE) Walls was carried out using the Rankine and Coulomb methods. The analysis results show stability against overturning force at Rankine $SF = 4.37 > 1.5$ (safe), stability against shear $SF = 2.06 > 1.5$ (safe), and stability analysis against overturning force at Coulomb $SF = 8.51 > 1.5$ (safe) stability against shear $SF = 4.54 > 1.5$ (safe), and bearing capacity results using CBR at point 1 = 0.52%, at point 2 = 1.03% and at point 3 1.37%. Conclusions obtained in analyzing the MSE wall calculations on the Pekanbaru-Padang Toll Road Project. In fact, for calculations using the Rankine and Coulomb methods it is safe to use, but for calculations of bearing capacity using CBR at point 1 it is not safe, point 2 and point 3 are safe to use. Because when testing the data produced is far from the specified location.

keywords : MSE Wall, Rankine, Coulomb, CBR



DAFTAR ISI

	Halaman
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
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Maksud Penelitian	3
1.5. Tujuan Penelitian	3
1.6. Manfaat Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Peneliti Terdahulu.....	4
2.2. Umum.....	6
2.3. Tanah	7
2.4. Klasifikasi Tanah	8
2.4.1. Sistem Klasifikasi <i>Unites States Departemen of Agriculture (USDA)</i>	10
2.4.2. Sistem Klasifikasi <i>American Association of State Highway And Transportation Officials (AASHTO)</i>	11
2.4.3. Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil Classification System (USCS)</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	22
2.6.3.	Stabilitas Guling (<i>Overtuning</i>)	23
2.6.4.	Stabilitas Geser (<i>Sliding</i>)	23
2.6.5.	Dinding Penahan Tanah Kantilever	24
2.7.	Dinding <i>Mechanically Stabilized Earth Wall</i>	27
2.7.1.	Prinsip Dinding MSE	30
2.7.2.	Perencanaan Dinding MSE	30
2.7.3.	Kestabilan Dinding MSE	31
2.8.	<i>Geoforce Segmental Retaining Wall</i> (GSRW)	31
2.9.	Keunggulan Sistem GSRW	32
2.10.	Korelasi Nilai <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	33
2.11.	Tekanan Tanah Aktif dan Pasir <i>Rankine</i>	34
2.11.1.	Tekanan Tanah Aktif	35
2.11.2.	Tekanan Tanah Pasif	36
2.12.	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif <i>Coulomb</i>	37
2.12.1.	Tekanan Tanah Aktif	37
2.12.2.	Tekanan Tanah Pasif	38
2.13.	CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	38
2.14.	Data Sondir dan Korelasi Terhadap Parameter Tanah	40
BAB III	METODE PENELITIAN	44
3.1.	Lokasi Dan Peta Penelitian	44
3.2.	Kondisi Tanah	45
3.3.	Tahap Persiapan	46
3.4.	Tahap Penelitian	46
3.5.	Tambahan Detail MSE	47
3.6.	Konsep Desain dan Asumsi Permodelan	49
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1.	Analisis Perhitungan Manual <i>Mechanically Stabilized Earth Wall</i>	50
4.1.1.	Perhitungan Tekanan Tanah Aktif dan Pasif <i>Rankine</i>	50
4.1.2.	Perhitungan Tekanan Tanah Aktif dan Pasif <i>Coulomb</i>	52
4.2.	Perhitungan Stabilitas Daya Dukung Tanah	54

4.2.1. Perhitungan Stabilitas Gaya Guling Gaya Geser.....	56
4.3. Perhitungan Data CBR	58
4.4. Pembahasan.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN	xvii



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Berat jenis (Gs) berbagai jenis tanah.....	18
Tabel 2. Koefisien Daya Dukung Tanah.....	26
Tabel 3. Ketentuan material granular pada dinding.....	29
Tabel 4. Beberapa kisaran nilai sifat-sifat indeks dan mekanis tanah	29
Tabel 5. Persyaratan kestabilan dinding MSE dengan perkuatan Gosintetik	31
Tabel 6. Korelasi Data CBR terhadap Klasifikasi Tanah	40
Tabel 7. Hubungan antara kepadatan, <i>relative density</i> , nilai N-SPT, q_c , dan E_s ..	42
Tabel 8. Hubungan antara E_s dan q_c	42
Tabel 9. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Aktif Metode Rankine	51
Tabel 10. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Pasif Metode <i>Rankine</i>	52
Tabel 11. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Aktif Coulomb.....	53
Tabel 12. Hasil Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Pasif.....	54
Tabel 13. CBR Pada Titik 1	58
Tabel 14. Tabel Pengujian Data CBR.....	59
Tabel 15. Tabel Perhitungan Daya Dukung Tanah	60
Tabel 16. Hasil Rekapitulasi Nilai <i>Rankine</i>	61
Tabel 17. Hasil Rekapitulasi Nilai <i>Coulomb</i>	61
Tabel 18. Hasil Rekapitulasi Nilai Daya Dukung	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Klasifikasi USDA.....	11
Gambar 2. Nilai – nilai Batas Atterberg.....	13
Gambar 3. Klasifikasi Tanah USCS	15
Gambar 4. Grafik Klasifikasi USCS.....	15
Gambar 5. Grafik Plastisitas.....	16
Gambar 6. Variasi Indeks Plastisitas.....	21
Gambar 7. Dinding penahan tanah tipe kantilever	22
Gambar 8. Komponen-komponen dinding MSE.....	28
Gambar 9. Keruntuhan Eksternal Pada Dinding MSE.....	28
Gambar 10. Tipe kegagalan dinding MSE	30
Gambar 11. Contoh konstruksi GSRW	32
Gambar 12. Sketsa <i>System</i> GSRW	32
Gambar 13. Tekanan Aktif <i>Rankine</i>	35
Gambar 14. Tekanan pasif <i>Rankine</i>	36
Gambar 15. Tekanan Tanah Aktif <i>Coulumb</i>	37
Gambar 16. Tekanan Tanah pasif <i>Coulomb</i>	38
Gambar 17. Grafik kolerasi nilai CBR terhadap Daya Dukung Tanah	40
Gambar 18. <i>Soil behavior type</i>	41
Gambar 19. Korelasi Nilai γ Terhadap Klasifikasi Tanah	43
Gambar 20. Lokasi Pekerjaan.....	44
Gambar 21. Lokasi Pekerjaan.....	44
Gambar 22. Bor Log BH-T29	45
Gambar 23. Detail Gambar Rencana MSE WALL STA 64+100 – STA 64+135	48
Gambar 24. Detail Gambar Rencana Timbunan MSE WALL WALL	48
Gambar 25. Kerangka Berfikir	49
Gambar 26. Diagram tekanan aktif dan pasif <i>Rankine</i>	50
Gambar 27. Diagram Tekanan Aktif Dan Pasif <i>Coulombs</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Detail gambar rencana MSE WALL.....	xvii
Lampiran 2. Detail Gambar Rencana Timbunan MSE WALL.....	xvii
Lampiran 3. Data <i>Borelog</i>	xviii
Lampiran 4. Data CBR Titik I.....	xix
Lampiran 5. Data CBR Titik 2.....	xx
Lampiran 6. Data CBR Titik 3.....	xxi



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Galian dan timbunan yang tinggi menjadi permasalahan yang sangat sering dijumpai dalam proyek jalan tol. Timbunan tanah adalah suatu cara atau metode untuk menyelaraskan atau *levelling* pada suatu elevasi tanah yang direncanakan. Banyak permasalahan yang dihadapi dalam melakukan pekerjaan timbunan salah satunya yaitu satbilisasi. Timbunan pada suatu tanah menyebabkan terjadinya perubahan tegangan didalam tanah, sehingga tanah terdeformasi yang mengakibatkan terganggunya kestabilan tanah. Semakin tinggi tanah timbunan, semakin tinggi juga beban yang diterima oleh tanah dasar, sehingga kestabilan tanah berkurang.

Lereng adalah kenampakan permukaan alam yang memiliki beda tinggi. Apabila beda tinggi dua tempat tersebut dibandingkan dengan jarak lurus mendatar, akan diperoleh besarnya kelerengan (*slope*). Stabilitas lereng sangat erat kaitannya dengan longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah. Banyak cara untuk mencegah kelongsoran pada lereng salah satunya adalah dinding penahan tanah. 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 serta menjaga kestabilan tanah.

Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru-Padang tepatnya pada STA 64+100 – STA 64+135 menggunakan *Mechanically Stabilized Earth Wall* (MSE) sebagai tipe dinding penahan tanah yang memanfaatkan kombinasi

facing wall dan *lateral reinforcement*. Komponen utama dari MSE *Wall* sendiri diantaranya *facing wall*, *lateral reinforcement* dan timbunan tanah yang digunakan. Sehingga dibutuhkan suatu analisis mengenai stabilisasi lereng dan juga mengetahui faktor keamanan (*safety factor*) tanah timbunan tersebut.

Maka dari itu penulis mengangkat masalah tersebut untuk menjadi topik penulisan dengan judul “Analisis Perkuatan Tanah Menggunakan *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang”.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah seberapa aman kestabilan dinding *Mechanically Stabilized Earth Wall* (MSE) terhadap gaya geser, gaya guling menggunakan metode *rankine* dan *coulomb* serta daya dukung tanah menggunakan data CBR lapangan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung gaya geser, gaya guling menggunakan metode *rankine* dan *coulomb*
2. Perhitungan daya dukung tanah menggunakan data CBR lapangan
3. Tidak merencanakan struktur penutup muka pada dinding MSE
4. Tidak memperhitungkan muka air tanah
5. Tidak memperhitungkan penurunan (*settlement*)
6. Tidak meninjau beban gempa

7. Tidak memperhitungkan biaya (*cost*)
8. Tidak merencanakan drainase

1.4. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa ketahanan, kestabilan, dan faktor keamanan struktur dinding penahan tanah dengan menggunakan metode *Rankine* dan metode *Coulomb* pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kestabilan dinding *Mechanically Stabilized Earth Wall* (MSE) terhadap gaya geser, gaya guling menggunakan metode *rankine* dan *coulomb* serta daya dukung tanah menggunakan data CBR lapangan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang STA 64+100 – STA 64+135.

1.6. Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yakni dapat menjadi bahan referensi untuk kestabilan lereng pada ruas jalan tol Pekanbaru-Padang STA 64+100 – STA 64+135.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peneliti Terdahulu

Beberapa peneliti telah melakukan berbagai penelitian tentang analisis stabilitas lereng dan perencanaan dinding penahan tanah. Beberapa hasil penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Rizki Ramadhan, Munirwansyah, Munira Sungkar (2020) Mengenai Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Pada Kondisi Eksisting Dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort* Dengan Program Plaxis. Dalam perencanaannya analisis dilakukan untuk mendapatkan faktor keamanan dan pola keruntuhan lereng yaitu dengan menggunakan program Plaxis 2D dan metode irisan. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting menggunakan program Plaxis dan metode irisan dengan jari-jari (r) 65,06meter didapatkan faktor keamanan sebesar 1,038 dan 1,079 dengan kondisi lereng tidak aman ($FK < 1,25$). Hasil analisis setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *minipile* dengan panjang 12 meter didapatkan angka factor keamanan 1,268 dengan kondisi lereng tidak aman ($FK < 1,5$). Dengan demikian, maka diperlukan perkuatan tambahan dengan menggunakan angkur pada *counterfort*. Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort*, *minipile* dan angkur dengan panjang 20 meter serta sudut kemiringan 30° didapatkan angka faktor keamanan 1,513 dengan kondisi lereng aman ($SF > 1,5$).
2. Cut Meutia Corphyllia Frianvonsa Ratag Agnes T. Mandagi, Roski R. I. Legrans (Vol.6 No.8, Agustus 2018) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado, tentang “Analisis Dinding

Mechanically Stabilized Earth (MSE) Pada Ruas Jalan Tol Manado Bitung STA 6+475". Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaplikasian dinding *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) yang direncanakan mulai dari kestabilan eksternal, internal dan global dengan variasi panjang perkuatan 0,3 He; 0,4 He; 0,5 He; 0,6 He; 0,7 He; 0,8 He; 0,9 He (He = Tinggi dinding MSE), jarak vertikal perkuatan 1 m; 1,2 m; 1,5 m; 2 m; 3 m dan jenis geogrid UX 1100, UX 1400, UX 1500, UX 1600, UX 1700, dan UX 1800. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng eksisting pada ruas jalan Tol Manado Bitung STA 6+475 memiliki faktor keamanan lebih dari 1 sehingga dapat dikategorikan aman. Dalam mengaplikasikan dinding MSE pada lokasi studi kasus dengan dimensi yang direncanakan untuk panjang perkuatan 0,6 He dan 0,5 He memenuhi syarat kestabilan eksternal namun tidak memenuhi syarat kestabilan internal. Stabilitas global dengan menggunakan kohesi tanah 20 kPa sebagai facing sudah memenuhi persyaratan stabilitas global yakni diatas 1,3 sehingga lereng dengan perkuatan dinding MSE yang direncanakan dapat digunakan.

3. Tri Wahyu Kuningsih, Andina Prima Putri, dan Xbal Meiprasyo Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Metode Numerik". Penelitian ini menganalisis stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan software PLAXIS dan perhitungan manual (metode *Rankine*). Analisis stabilitas tanah ditinjau dari segi pergeseran, penggulingan serta penurunan daya dukung tanah. Stabilitas terhadap penggeseran berdasarkan metode numeris (program

PLAXIS) untuk dinding penahan tanah tipe 1 dan 2 besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 1,55$). Faktor keamanan dinding penahan tanah tipe 1 sebesar 2,7 dan dinding penahan tanah tipe 2 sebesar 2,5 yang artinya aman terhadap penggeseran. Perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 1,59$) dan tipe 2 ($SF = 1,81$) juga besarnya di atas standar kriteria minimum yang ditetapkan. Stabilitas terhadap penggulingan berdasarkan perhitungan manual untuk dinding penahan tanah tipe 1 ($SF = 2,47$) dan dinding penahan tipe 2 ($SF = 2,01$) besarnya di atas standar kriteria minimum ($SF > 2,00$).

Dari penelitian sebelumnya yang sudah pernah dilakukan bahwasanya penelitian-penelitian tersebut memiliki banyak kemiripan dengan penelitian yang ada namun metode yang digunakan berbeda, dalam penelitian tersebut tujuan yang dilakukan juga sama yakni mencari nilai keamanan dari stabilitas tanah akibat dinding penahan tanah sehingga didapatkan angka keamanan dan desain perencanaan yang sesuai. Penelitian yang saya lakukan yakni menggunakan permodelan dan analisa menggunakan perhitungan manual metode *Rankine*, dan didapatkan angka keamanan stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan dan setelah diberi perkuatan, sehingga menjadi acuan dalam merencanakan keamanan stabilitas lereng.

2.2. Umum

Semua beban yang terjadi diatas tanah dasar maupun itu beban dari timbunan tanah itu sendiri dan beban struktur akan disalurkan ketanah dasar. Sehingga tanah dasar harus mampu menahan seluruh beban yang terjadi. Di

beberapa kasus harus dilakukan stabilitas tanah dasar agar dapat memikul beban yang terjadi tanpa mengalami keruntuhan. Stabilitas tanah adalah usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi teknis tertentu (Hardiyatmo,1992).

Tanah lempung merupakan tanah yang dapat mengalami penyusutan (*Shrinkage*) dan pengembangan (*Swelling*). Hal ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan tanah menahan beban konstruksi. Tanah lempung juga terdiri dari atas mineral – mineral berbutir halus yang bersifat plastis pada kandungan air tertentu dan mengeras ketika kondisi kering. Tanah lempung juga memiliki sifat pemampatan yang besar pada waktu yang sangat lama, dan hal ini menyebabkan kehancuran konstruksi ketika masa layang.

2.3. Tanah

Tanah atau *soil* adalah lapisan teratas dari bumi, keberadaan tanah sangat penting bagi kehidupan manusia yang berada di atasnya. Tanah merupakan bentukan dari bebatuan yang mengalami pelapukan. Proses pelapukan ini terjadi dalam jangka waktu yang relative lama bahkan hingga ratusan tahun.

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral padat yang tidak tersekmentasi (terikat secara kimia) satu dama lain dan bahan – bahan *organic* yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang partikel padat tersebut (Braja M Das, 1995)

Tanah berguna sebagai tempat untuk meletakkan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai

pendukung pondasi dari bangunan. Hampir semua proyek konstruksi sipil didirikan di atas tanah, seperti gedung – gedung bertingkat, jalan raya, jembatan, bandar udara, dermaga, pelabuhan dan lain sebagainya di bangun di atas tanah. Oleh karena itu sebagai seorang ahli teknik sipil harus mempelajari sifat – sifat dasar dari tanah, seperti asal usul tanah, penyebaran ukuran butiran tanah, kemampuan tanah dalam mengalirkan air, sifat pemampatan bila tanah diberikan pembebanan (*compressibility*), kekuatan geser tanah, kapasitas daya dukung tanah terhadap beban dan lain – lain. Oleh karena itu pemahaman mengenai tanah sangat diperlukan sebelum sebuah konstruksi sipil akan didirikan di atasnya.

Kondisi tanah salah satu hal yang wajib diperhatikan dalam merancang atau pun pada saat akan mendirikan sebuah bangunan di atasnya, karena keadaan tanah dilapangan pada umumnya tidak homogen. Tanah memiliki sifat karakteristik yang berbeda-beda. Apabila tanah difungsikan sebagai pendukung pondasi bangunan, tanah tersebut harus memiliki tanah yang stabil.

Apabila ada tanah yang kurang mendukung bangunan yang akan didirikan di atasnya, maka harus dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu agar mencapai daya dukung tanah yang diperlukan. Dan penurunan yang terjadi akibat pembebanan tidak melebihi penurunan yang diijinkan. Salah satu jenis tanah yang mempunyai daya dukung rendah adalah tanah lunak.

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 tekstur 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.)

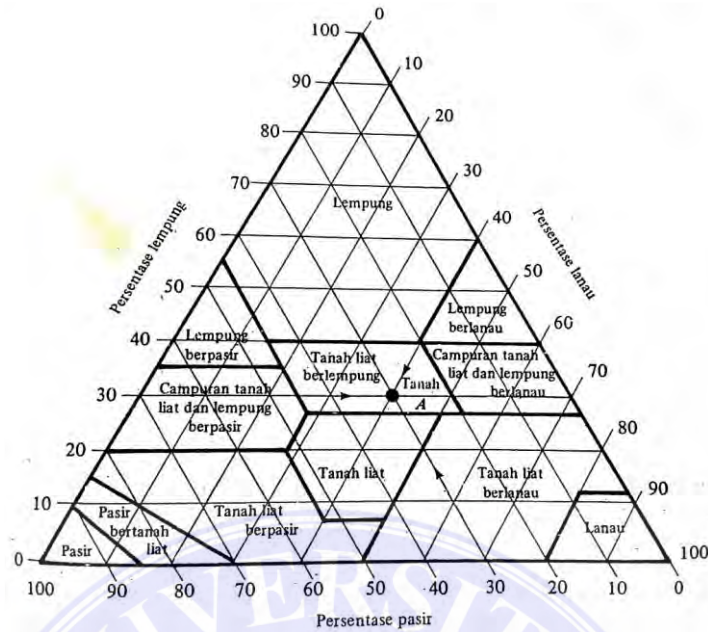
Sebagai contoh, apabila tanah B mempunyai pembagian ukuran butiran 20% kerikil, 10% pasir, 30% lanau, dan 40% lempung, komposisi tekstural yang dimodifikasi adalah:

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

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

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

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 (Braja M. Das, 1993)

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:

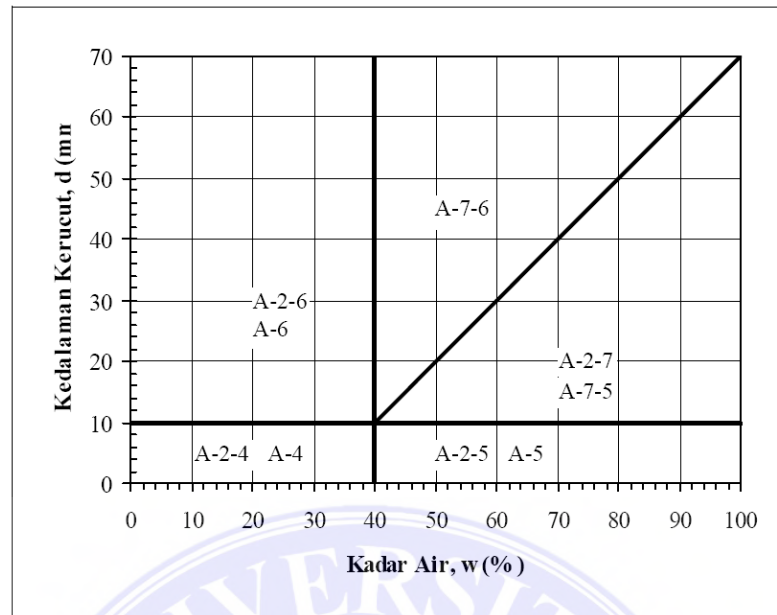
a. Ukuran Butir:

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	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran terahan saringan No. 200	Kerikil 50% ≥ fraksi kasar terahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
	Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus : Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan Klasifikasi yang mempunyai simbol double

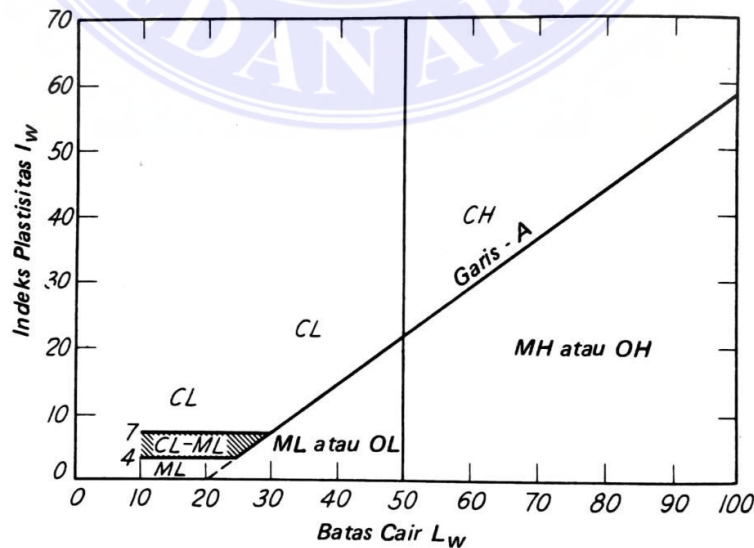
Diagram Plastisitas:
Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.

Batas Plastisitas (%)

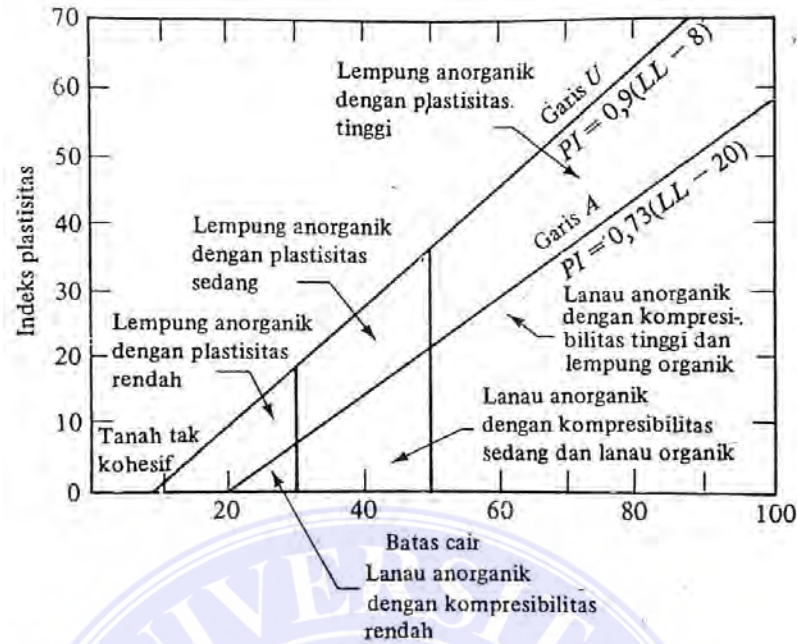
Batas Cair (%)

Garis A : PI = 0.73 (LL-20)

Gambar 3. Klasifikasi Tanah USCS (Hardiyanto, 2002)



Gambar 4. Grafik Klasifikasi USCS (Terzaghi, 1993)



Gambar 5. Grafik Plastisitas (Braja M. 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 organik 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.

2.5. 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, 2006) 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, kemampatan 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 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

Lanjutan Tabel 1

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

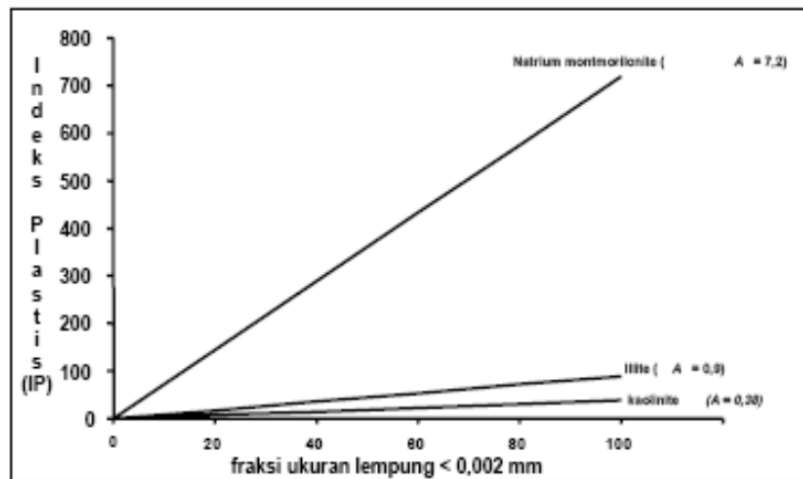
Tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel 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 2.5, 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.

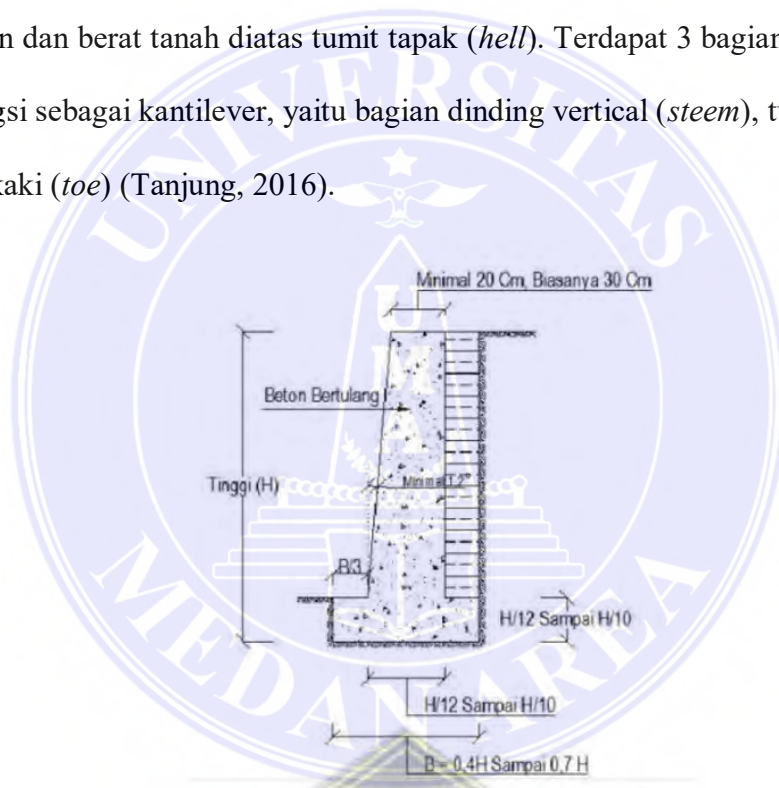
2.6. Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*)

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 $\geq 2,0$ (tanah kohesif).

Dengan rumus:

$$F_{gl} = > 1,5$$

Dimana:

F_{gl} = 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 $\geq 2,0$ (tanah kohesif). Dengan rumus:

$$F_{gs} = > 1,5$$

Dimana:

F_{gs} = Faktor keselamatan penggeseran

V_b = Gaya Vertikal (kN)

V_o = Gaya Horizontal (kN)

2.6.5. Dinding Penahan Tanah Kantilever

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

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

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 volume tanah (kN/m³)

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:

$$SF = > 3$$

Dimana :

q = tekanan akibat beban struktur (kN/m²)

q_u = tekanan tanah ultimit (kN/m²)

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.

$$\sigma v \leq qu = qult FK$$

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

$$qult = cr \cdot Nc + 0,5L \cdot \gamma f \cdot Ny$$

dimana:

Cr = kohesi (kN/m²)

γf = berat isi tanah (kN/m³)

Nc dan Ny = koefisien daya dukung tanah

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

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	67.87	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
25	20.71	10.66	10.88	-	-	-	-

d. Geser Lokal

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

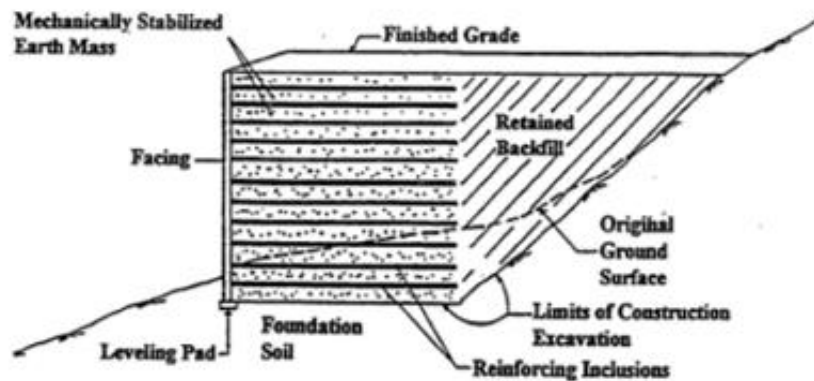
$$\gamma H \leq 3c$$

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

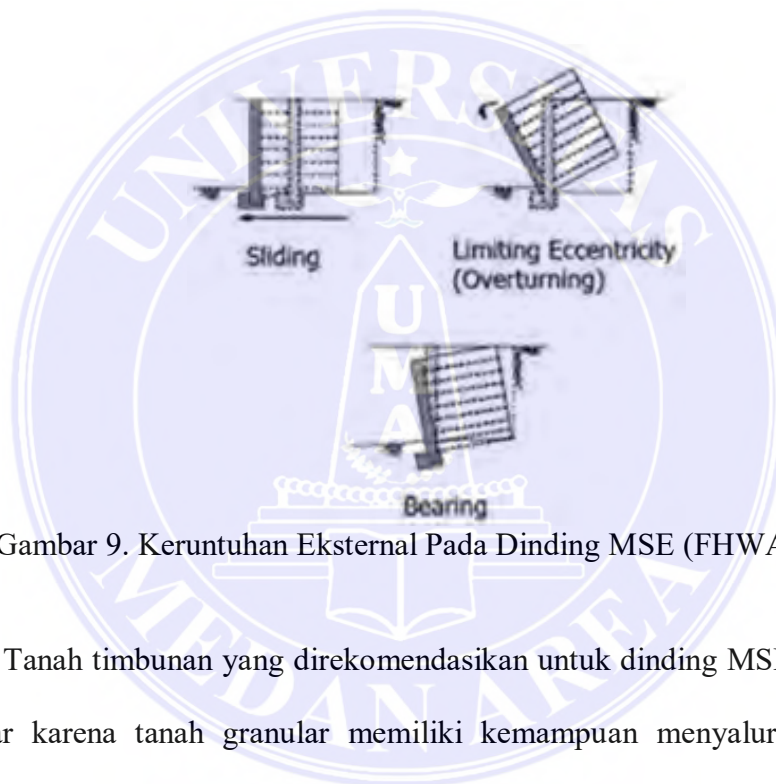
2.7. Dinding *Mechanically Stabilized Earth Wall*

Mechanically Stabilized Earth Wall (MSE) merupakan tipe dinding penahan tanah yang memanfaatkan kombinasi *facing wall* dan *lateral reinforcement*. *Lateral reinforcement* biasanya dipasang pada setiap ketebalan tertentu. Komponen utama dari MSE Wall sendiri diantaranya *facing wall*, *lateral reinforcement* dan timbunan tanah yang digunakan. Karena menggunakan *lateral reinforcement* analisis yang dilakukan terhadap MSE Wall ini lebih mengarah pada timbunan. Untuk *lateral reinforcement* umumnya digunakan material *extensible* seperti *geogrid* ataupun *geotextile*. Namun juga dapat digunakan material *inextensible* seperti *metal trip*. Sedangkan *facing wall* ataupun dinding muka yang digunakan juga beragam, dapat berupa dinding beton, gabion ataupun modul beton. Sedangkan untuk tanah timbunan disarankan digunakan tanah granular, karena tanah granular cenderung memiliki kekuatan yang tinggi. Selain itu tanah granular juga mudah dikompaksi dan dapat meloloskan air.

Dinding *Mechanically Stabilized Earth Wall* (MSE) dibangun dengan meletakkan elemen perkuatan pada tiap lapisan dan dipadatkan dengan tanah timbunan terpilih dibelakang dinding.



Gambar 8. Komponen-komponen dinding MSE (Christoper, 1990)



Gambar 9. Keruntuhan Eksternal Pada Dinding MSE (FHWA, 2009)

Tanah timbunan yang direkomendasikan untuk dinding MSE adalah tanah granular karena tanah granular memiliki kemampuan menyalurkan tegangan, ketahanan, dan drainase yang baik dibandingkan tanah lempung. Ketentuan material granular pada dinding MSE dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Ketentuan material granular pada dinding (MSE FHWA, 2009)

	Ukuran Saringan	Persen Lolos
Gradasi: (AASHTO T-27)	4 in (102 mm)	100
	No. 4 (4,76 mm)	100-20
	No. 200 (0,075 mm)	0-50
Indeks Plastisitas (AASHTO T-90)	$PI \leq 6$	

Notes:

Ukuran maksimum partikel harus disesuaikan dengan penggunaan material perkuatan yang digunakan. Untuk penggunaan material geosintetik, ukuran dapat dikurang menjadi $\frac{3}{4}$ in (19 mm)

Beberapa kisaran nilai sifat-sifat indeks dan mekanis tanah yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menilai keandalan hasil pengujian tanah timbunan pada tabel 4.

Tabel 4. Beberapa kisaran nilai sifat-sifat indeks dan mekanis tanah (DPU, 2009)

	Indeks Plastisitas	Berat Isi (Kn/m ²)	Berat Isi Kering Max (Kn/m ²)	E' (kpa)	<I> (dog)
Pasir halus sampai kasar	-	19-20	19	-	35-40
Pasir sedikit kelanauan, kelempungan	-	18-19	18	-	27-32,5
Tanah merah	30-50	16-17,5	12,5	10-25	20-40

Keterangan: pada kadar air optimum 40%

(Elias, dkk, 2001) mengemukakan bahwa dinding *Mechanically Stabilized Earth Wall* dengan penutup muka beton pracetak umumnya lebih murah dibandingkan dengan dinding penahan beton yang diperkuat untuk ketinggian lebih dari 3 m pada kondisi pondasi yang baik. Harga dinding blok modular bersaing dengan dinding beton untuk ketinggian kurang dari 4,5m. pada umumnya, dinding MSE lebih menguntungkan dibandingkan dengan struktur penahan beton lainnya. Terutama jika berada pada tanah pondasi yang kurang baik.

2.7.1. Prinsip Dinding MSE

Pada prinsipnya, dinding MSE memiliki 5 (lima) tipe kegagalan, yakni tipe kegagalan eksternal, tipe kegagalan internal, tipe kegagalan local, tipe kegagalan kombinasi dan tipe kegagalan global kegagalan eksternal yakni kegagalan terhadap geser, guling dan daya dukung. Kegagalan internal disebabkan oleh kegagalan akibat retak, kegagalan Tarik dan kegagalan sambungan pada perkuatan. Kegagalan local disebabkan oleh besarnya jarak antar perkuatan yang dipasang sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan guling dan kerusakan dinding MSE. Kegagalan kombinasi dan kegagalan global berkaitan dengan keruntuhan lereng, dimana bidang keruntuhan berada sebagian pada zona perkuatan atau diluar zona perkuatan.



Gambar 10. Tipe kegagalan dinding MSE (Han, 2015)

2.7.2. Perencanaan Dinding MSE

Dalam merencanakan dinding MSE, ada beberapa bagian yang direncanakan dan dianalisa, yakni:

- a. Penutup muka
- b. Umur rencana
- c. Dimensi alas perata (*Levelling Pad*)
- d. Terbenamnya penutup muka (*Embedment*)

- e. Panjang perkuatan
- f. Drainase

2.7.3. Kestabilan Dinding MSE

Persyaratan kestabilan dinding MSE dengan perkuatan geosintetik yang disarankan oleh (Holtz, dkk, 2008) dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan kestabilan dinding MSE dengan perkuatan Gosintetik (Han, 2015)

<i>Location</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Requirement</i>
<i>External</i>	<i>Base sliding</i>	$FS > 1.5$
	<i>Bearing failure</i>	$FS > 2.0-2.5$
	<i>Overturning</i>	$FS > 2.0$
<i>Internal</i>	<i>Geosynthetic rupture</i>	$FS > 1.5$
	<i>Pullout</i>	$FS > 1.5$ with 1.0m embedment length
	<i>Connection</i>	$FS > 1.5$
<i>Overall</i>	<i>Deep-seated Settlement and differential settlement</i>	$FS > 1.3$ Project-dependent
	<i>Seismic all failure modes</i>	$FS > 75\%$ static FS

2.8. 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 11. Contoh konstruksi GSRW (Dokumen Lapangan, 2023)



Gambar 12. Sketsa System GSRW (Dokumen Lapangan, 2023)

2.9. 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 kompetitif. 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 profesional. Tim geoforce Indonesia memiliki sertifikasi ahli geoteknik dengan tingkat G-0 dan G-1 dari HATTI.

2.10. 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 $N \text{ SPT} > 5$, menggunakan persamaan:

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

Dan pada buku “Design Standards for Structures” (Shioi dan Fukui, 1982), korelasi ϕ° dan N SPT didefinisikan pada persamaan:

$$\phi^\circ = 0,3N + 27^\circ$$

2.11. Tekanan Tanah Aktif dan Pasir *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.

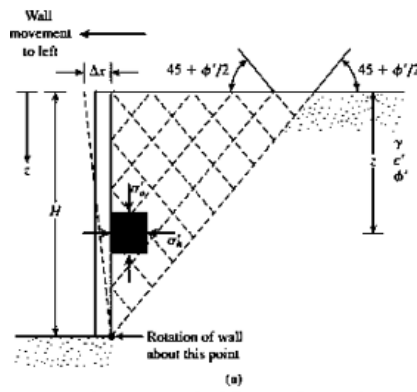
$$P_a = 1/2\gamma H^2 K_a$$

$$\gamma = \text{Berat isi tanah (g/cm}^3\text{)}$$

$$H = \text{Tinggi dinding (m)}$$

$$\Phi = \text{Sudut geser tanah (}^\circ\text{)}$$

2.11.1. Tekanan Tanah Aktif



Gambar 13. Tekanan Aktif Rankine (Daz, 2011)

Tekanan tanah aktif:

$$\sigma'_a = \sigma'_o K_a - 2c' K_a$$

dengan :

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

Gambar distribusi tekanan aktif dapat dilihat pada gambar 13. Nilai $\sigma'_o = 0$ ketika $z = 0$ dan $\sigma'_o = \gamma H$ ketika $z = H$ (Pada Gambar 13). 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 $\gamma z_c K_a - 2c' K_a = 0 \Rightarrow z_c = 2c'/\gamma$

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

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

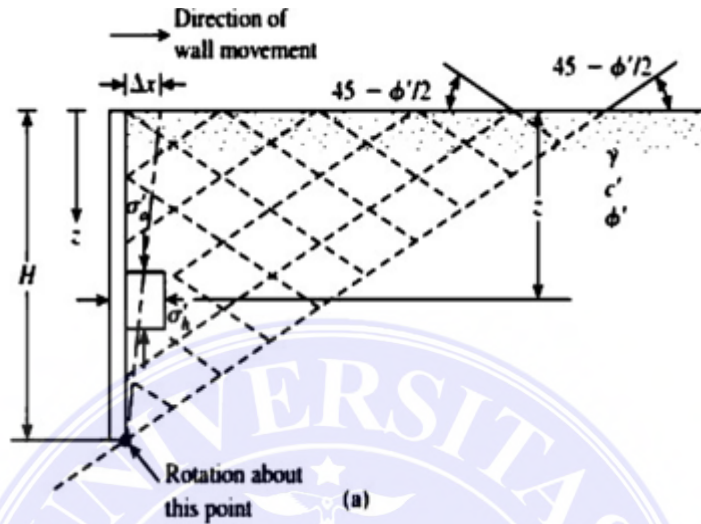
Dengan:

γ = massa jenis tanah

c' = nilai kohesi tanah

K_a = koefisien tekanan aktif Rankine

2.11.2. Tekanan Tanah Pasif



Gambar 14. Tekanan pasif Rankine (Daz, 2011)

Tegangan tanah pasif:

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

dengan:

$$Kp = \text{Koefisien tekanan pasif Rankine} = \tan^2 (45^\circ - \phi'/2)$$

Gambar distribusi tekanan pasif dapat dilihat pada gambar14. Ketika nilai $z = 0$, $\sigma'o = 0$ dan $\sigma'p = 2c' K_a$. 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 :

$$Pa = 12\gamma H^2 Kp + 2c' Kp \sigma'1 = \gamma L1 K_a$$

Dengan:

γ = massa jenis tanah

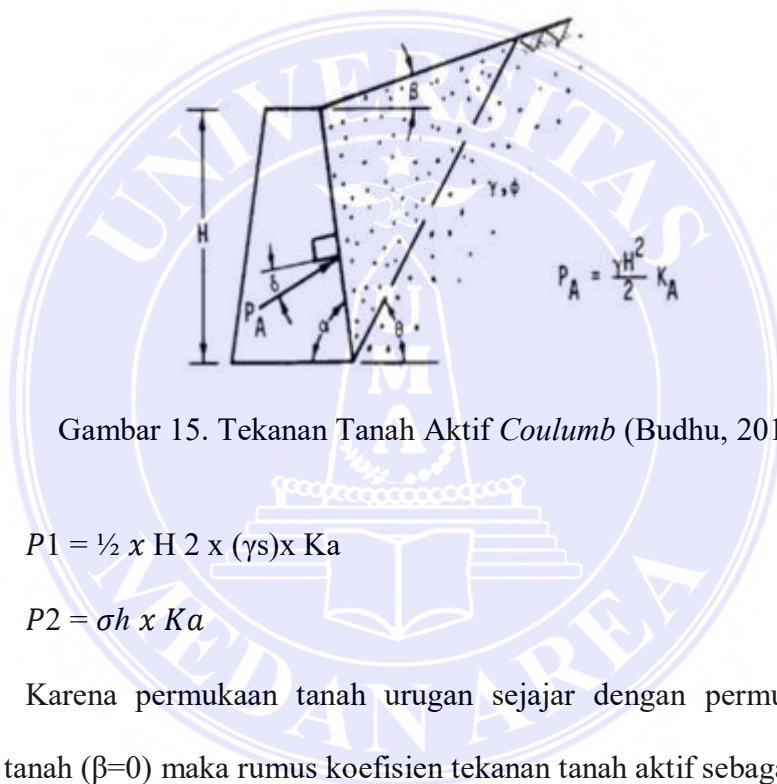
c' = nilai kohesi tanah

K_a = koefisien tekanan pasif Rankine

2.12. Tekann 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.

2.12.1. Tekanan Tanah Aktif



Gambar 15. Tekanan Tanah Aktif *Coulomb* (Budhu, 2011)

$$P_1 = \frac{1}{2} \times H^2 \times (\gamma s) \times K_a$$

$$P_2 = \sigma h \times K_a$$

Karena permukaan tanah urugan sejajar dengan permukaan dinding penaha tanah ($\beta=0$) maka rumus koefisien tekanan tanah aktif sebagai berikut:

$$\sigma = \delta \times Z \times K - 2c\sqrt{K}$$

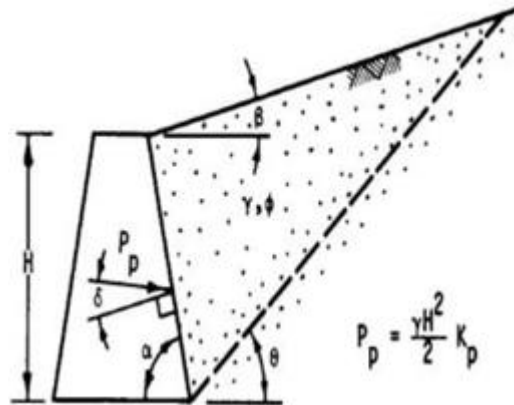
$$K =$$

Arah σz membentuk sudut δ dengan bidang tembok AB

δ = sudut geser bidang tembok AB dengan tanah pasif

δ = sudut geser bidang tembok AB dengan tanah pasif

2.12.2. Tekanan Tanah Pasif



Gambar 16. Tekanan Tanah pasif Coulomb (Budhu, 2011)

Ditinjau dengan keadaan pasif perhitungan Coulomb antara lain adalah sebagai berikut:

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

Rumus koefisien tekanan tanah pasif sebagai berikut:

$$\sigma_2 = \delta \times z \times K_p - 2c \sqrt{K_a p}$$

Dimana:

$K =$

2.13. CBR (*California Bearing Ratio*)

Pelaksanaan pengujian CBR lapangan ini diatur secara langsung didalam SNI 1738-2011. Metode CBR ini adalah kombinasi dari percobaan pembebanan penetrasi, baik yang ada dilapangan maupun di laboratorium. Kondisi tanah dasarnya akan semakin baik, apabila jumlah nilai CBR-nya pun semakin tinggi. Namun jika jumlah nilai CBR aslinya rendah maka konstruksi yang ada di jalanan pun akan menjadi lebih rusak. Nilai CBR ini bisa dinaikkan atau ditingkatkan dengan melakukan pemadatan, tetapi didalam pelaksanaannya akan mengacu pada

nilai yang tertera pada kadar air secara optimum serta berat isi kering secara maksimum. Kualitas daya dukung tanah yang masih asli menjadi salah satu kekuatan yang terdapat pada konstruksi jalan, yang menjadi bahan dasarnya. Uji CBR pun dilakukan untuk mengetahui daya dukung dari tanah dasar jalan tersebut. CBR menjadi nilai test yang dipakai untuk mendukung daya dukung atau kekuatan geser jalan atau bahan pondasi yang ada di jalan.

Menurut Najoan (2002), daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan. Kapasitas nilai daya dukung dari suatu tanah didasarkan pada karakteristik tanah dasar dan dipertimbangkan terhadap kriteria penurunan dan stabilitas yang diisyaratkan, termasuk factor keamanan terhadap keruntuhan. Secara umum, analisis daya dukung dilakukan dengan mengkorelasikan nilai CBR menjadi daya dukung tanah, meskipun dapat pula ditentukan langsung. Untuk mengkonversi nilai CBR tersebut, dapat digunakan dua cara, yaitu:

1. Perhitungan dengan rumus USAE (*United States Army Engineer*) konversi dari nilai persentase CBR menjadi nilai daya dukung tanah dirumuskan melalui persamaan berikut: $DDT = 1,6649 + 4,3592 \text{ Log CBR}$

Keterangan:

DDT: Daya Dukung Tanah (kg/cm^2)

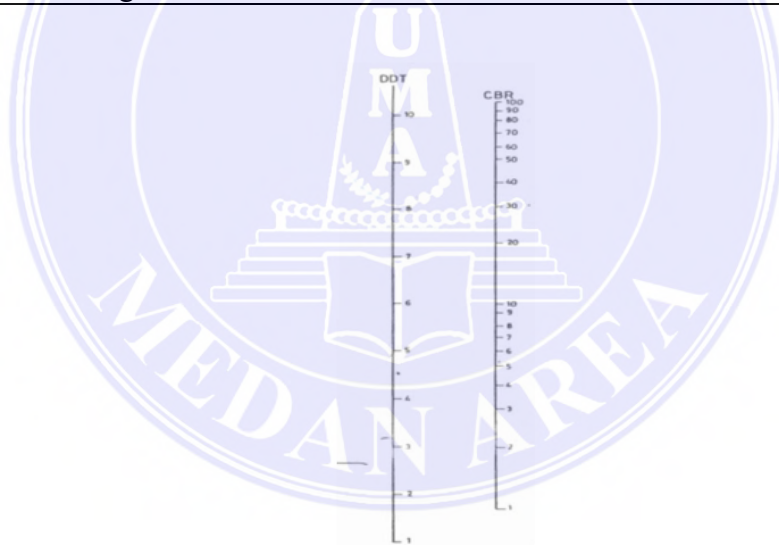
CBR: *California Bearing Ratio* (%)

Klasifikasi tanah juga dapat diketahui melalui table korelasi antara data CBR terhadap klasifikasi tanah, berikut table korelasi CBR dengan klasifikasi tanah.

2. Grafik Standart Konstuksi Indonesia (SKBI) daya dukung tanah dasar ditetapkan melalui sebuah grafik korelasi dilihat dari gambar. Nilai CBR dinyatakan secara Logaritmis sedangkan nilai daya dukung tanah dinyatakan secara linear. Nilai daya dukung dinyatakan dalam satuan kg/cm^2 .

Tabel 6. Korelasi Data CBR terhadap Klasifikasi Tanah (SKBI 2.3.26, 1987)

Nilai CBR	Kategori	Penggunaan	Klasifikasi	
			USCS	ASSHTO
0-3	Sangat buruk	<i>Subgrade</i>	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Buruk sampai sedang	<i>Subgrade</i>	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Sedang	<i>Subgrade</i>	OL, CL, ML	A2, A4, A5, A7
20-50	Baik	<i>Base, Subgrade</i>	<i>Gravel</i>	A1, A2-5, A2-6
> 50	Sangat baik	<i>Base</i>	<i>Gravel</i>	A1, A2, A3

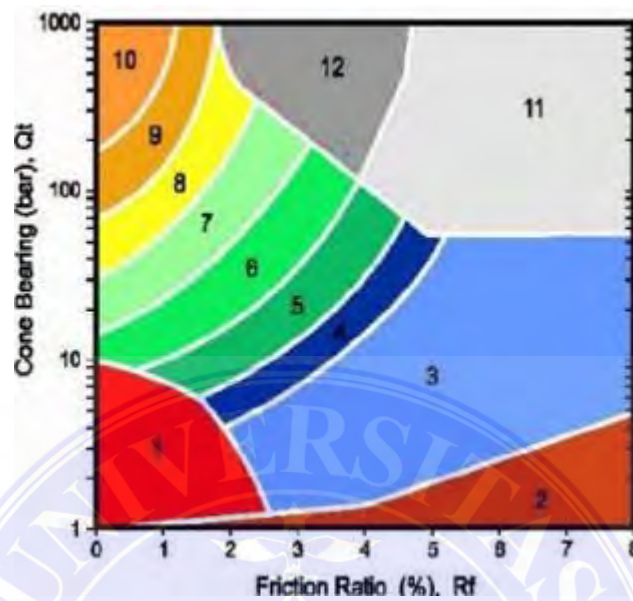


Gambar 17. Grafik kolerasi nilai CBR terhadap Daya Dukung Tanah (SKBI 2.3.26.1987)

2.14. Data Sondir dan Korelasi Terhadap Parameter Tanah

Data sondir diperoleh dari pengujian dilapangan dengan mendapat nilai cone resistance dan skin *friction*, dan diperoleh klasifikasi tanah berdasarkan

Robertson, dimana Robertson tersendiri mengklasifikasikan jenis tanah dengan grafik sebagai berikut:



Gamba 18. *Soil behavior type* (Robertson, 1997)

Dari grafik diatas dapat diklasifikasikan tanah dengan beberapa zona diantaranya:

Zone 1 *sensitive fine grained*

Zone 2 *organic material*

Zone 3 *clay*

Zone 4 *silty clay to clay*

Zone 5 *clayey silt to silty clay*

Zone 6 *sandy silt to clayey silt*

Zone 7 *silty sand to sandy silt*

Zone 8 *sand to silty sand*

Zone 9 *sand*

Dari zona di atasnya dapat ditentukan klasifikasi tanah berdasarkan grafik antara *cone resistant* dan *friction ratio* sehingga parameter-parameter lainnya juga dapat ditentukan diantaranya c , γ , Θ , dan E .

Tabel 7. Hubungan antara kepadatan, *relative density*, nilai N-SPT, q_c , dan E_s (Mayerhoff, 1965)

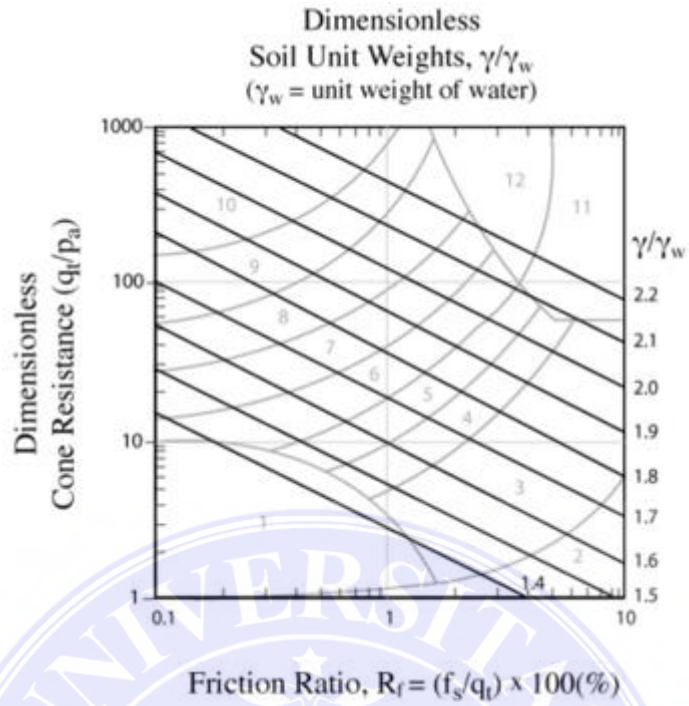
Kepadatan	Relatif Density (γ_d)	Nilai N SPT	Tekanan Konus q_c (kg/cm ²)	Sudut Geser (Θ)
<i>Very Loose</i> (sangat lepas)	< 0,2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i> (lepas)	0,2 – 0,4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
<i>Medium Dense</i> (agak kompak)	0,4 – 0,6	10 – 30	40,0 – 120	35 – 40
<i>Dense</i> (kompak)	0,6 – 0,8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
<i>Very Dense</i> (sangat kompak)	0,8 – 1,0	> 50	> 200	> 45

Parameter selanjutnya yaitu *modulus young*, nilai *modulus young* menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terdapat regangan. Nilai *modulus* secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada tabel 7 berikut:

Tabel 8. Hubungan antara E_s dan q_c (M. Das, 1993)

Jenis Tanah	CPT (kg/cm ²)
Pasir terkonsolidasi	
Normal	$E_s = (2 - 4) q_c$
Pasir <i>over</i> konsolidasi	$E_s = (6 - 30) q_c$
Pasir berlempung	$E_s = (3 - 6) q_c$
Pasir berlanau	$E_s = (1 - 2) q_c$
Lempung lunak	$E_s = (3 - 8) q_c$

Nilai kohesi secara empiris dapat diperoleh dari data sondir (q_c) sebagai berikut: Kohesi (c) = $q_c/20$



Gambar 19. Korelasi Nilai γ Terhadap Klasifikasi Tanah (Das, 1993)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Dan Peta Penelitian

Lokasi yang dipilih untuk penelitian ini yaitu Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang pada STA 64+100 – STA 64+135. Lokasinya yang terletak di kabupaten Kampar, Provinsi Riau 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 jalan tol. Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang.



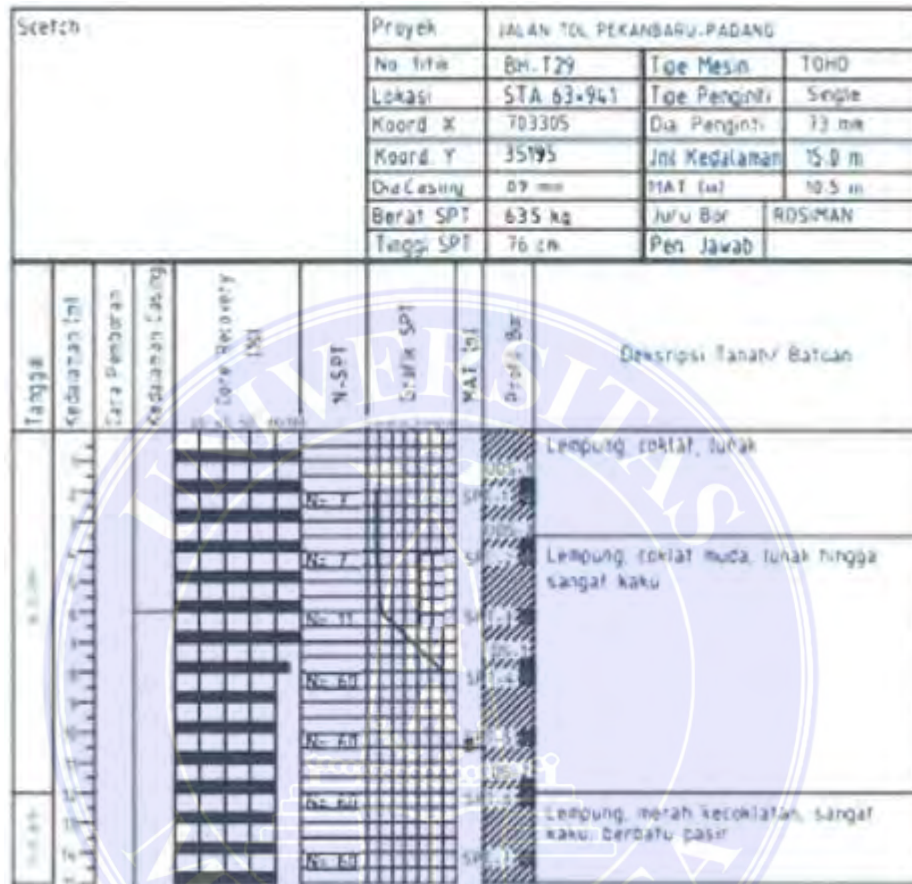
Gambar 20. Lokasi Pekerjaan (Dokumen Lapangan, 2023)



Gambar 21. Lokasi Pekerjaan (Dokumen Lapangan, 2023)

3.2. Kondisi Tanah

Dari hasil borelog dibawah jenis tanah yang didapatkan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru-Padang adalah tanah lempung.



Gambar 22. Bor Log BH-T29 (Dokumen Lapangan, 2023)

3.3. 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.

3.4. 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 *Mechanically Stabilized Earth Wall (MSE)*, 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. Wijaya Karya (Persero) Tbk.

3. Tahap Ketiga

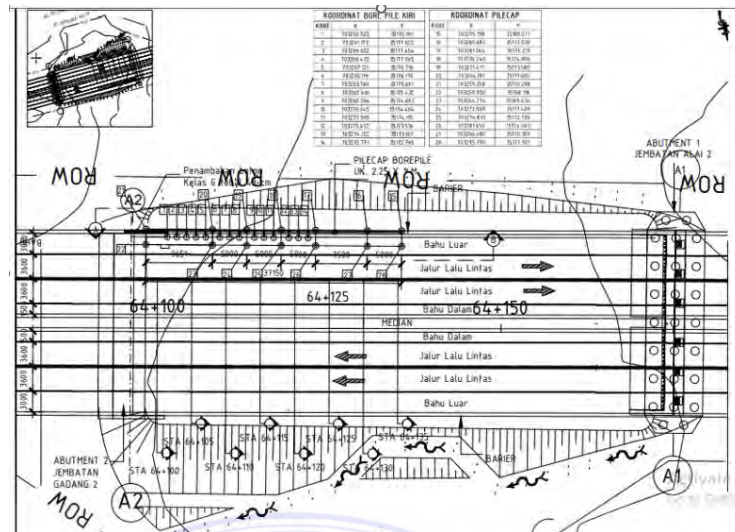
Melakukan analisis sesuai dengan data-data yang diperoleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk dan data yang didapat dari hasil wawancara dilapangan berdasarkan dengan sumber referensi (jurnal dan buku yang berhubungan dengan tanah) yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini.

4. Tahap Keempat

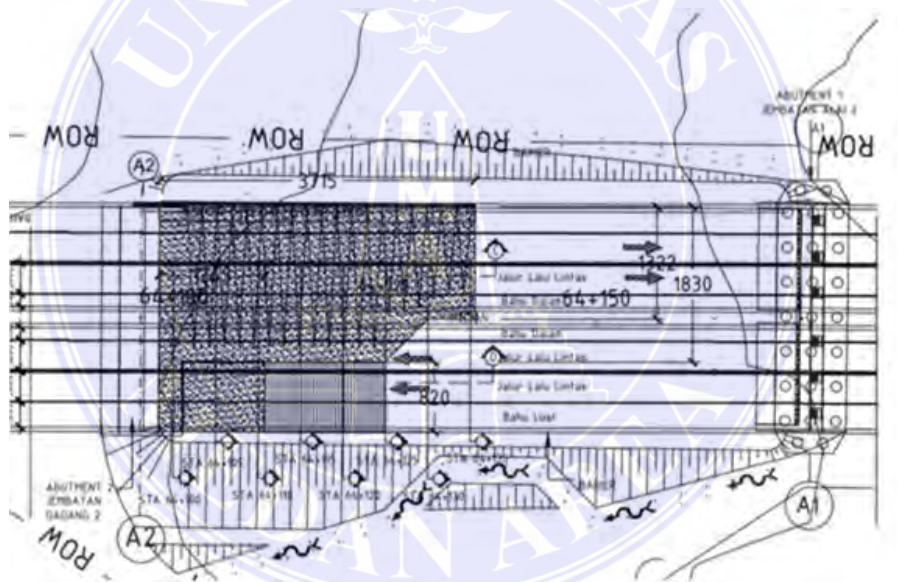
Menentukan hasil dari faktor keamanan lereng yang menggunakan dinding *Mechanically Stabilized Earth Wall* (MSE) dengan perkuatan *Geogrid* yang didapat dari referensi jurnal.

3.5. Tambahan Detail MSE

Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru-Padang akan dibangun dinding penahan tanah tipe *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* yang berlokasi di STA 64+100 – STA 64+135 pada zona 2. Berikut ini adalah detail gambar rencana MSE *Wall* pada STA 64+100 – STA 64+135.

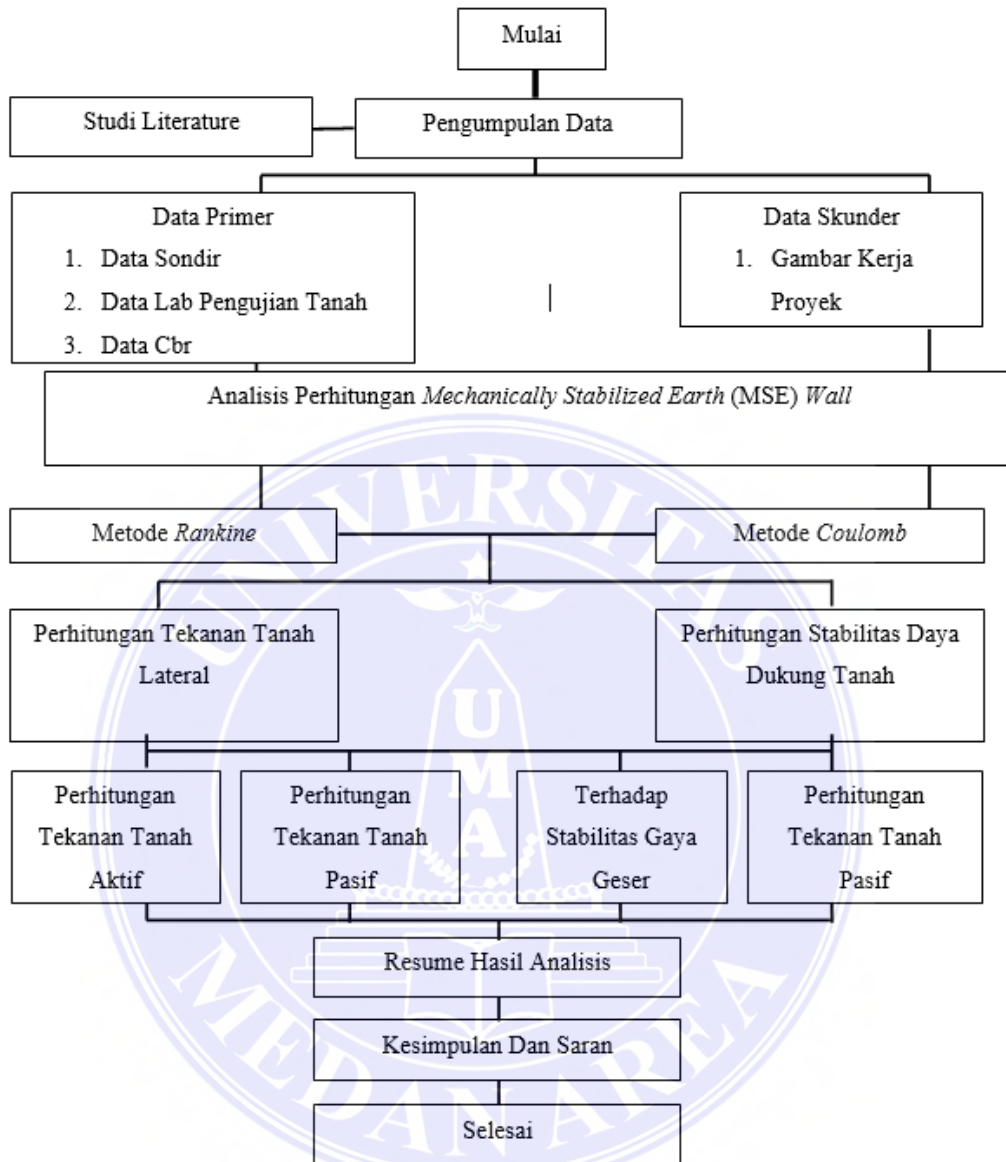


Gambar 23. Detail Gambar Rencana MSE WALL STA 64+100 – STA 64+135 (Dokumen Lapangan, 2023)



Gambar 24. Detail Gambar Rencana Timbunan MSE WALL WALL STA 64+100 – STA 64+135 (Dokumen Lapangan, 2023)

3.6. Konsep Desain dan Asumsi Permodelan



Gambar 25. Kerangka Berfikir (Peneliti, 2023)

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan pada kedua metode *Rankine* dan *Coloumb* memiliki hasil yang aman untuk di gunakan pada perhitungan *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* pada Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Padang, dikarenakan gaya geser dan gaya guling memiliki nilai SF yang lebih besar dari standart yang digunakan. Pada perhitungan daya dukung menggunakan data CBR pada titik 1 tidak aman dikarenakan data uji laboratorium tidak lengkap sehingga menggunakan korelasi nilai N-SPT. Sedangkan, pada titik 2 dan 3 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 *Rankine* dan *Coulomb* 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 *Mechanically Stabilized Earth* (MSE) *Wall* pada lereng di perlukan analisis yang mendalam dan ketelitian sehingga tidak terjadinya kesalahan-kesalahan fatal yang dapat mengancam nyawa.

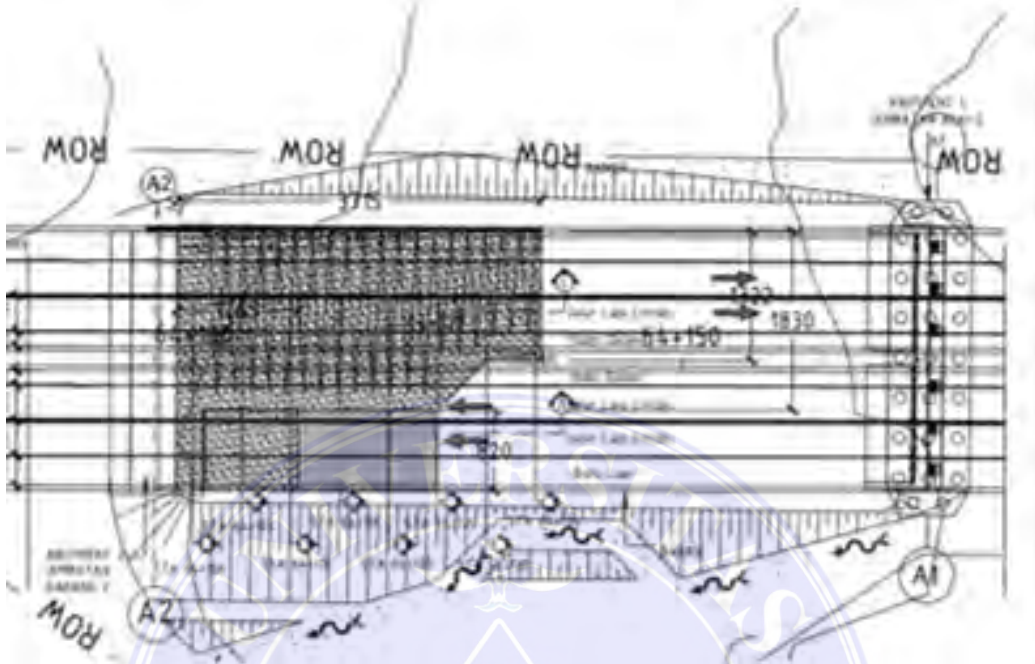


DAFTAR PUSTAKA

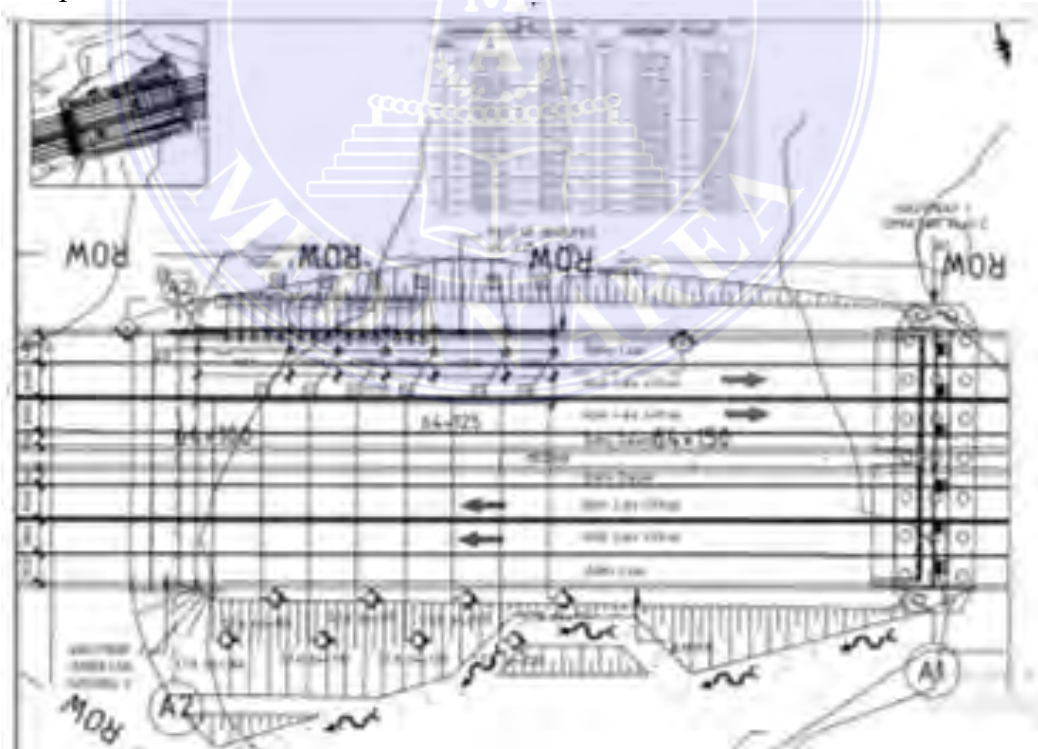
- Aditiya, Rizky. 2023. "Analisis Stabilitas Eksternal Guling Dan Geser Dinding Penahan Tanah (Mse Wall)."
- Hidayat, Wirman. 2021. "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall Terhadap Curah Hujan." 04(September): 69–76.
- Meutia, Cut et al. 2018. "Analisis Dinding Mechanically Stabilized Earth (Mse) (Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Manado Bitung Sta 6 + 475)." 6(8): 527–40.
- Sinaga, Parale M T. 2019. "Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan."
- Hardiyatmo, H. C, 2002. *Mekanika Tanah I* (3rd ed). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- 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.

LAMPIRAN

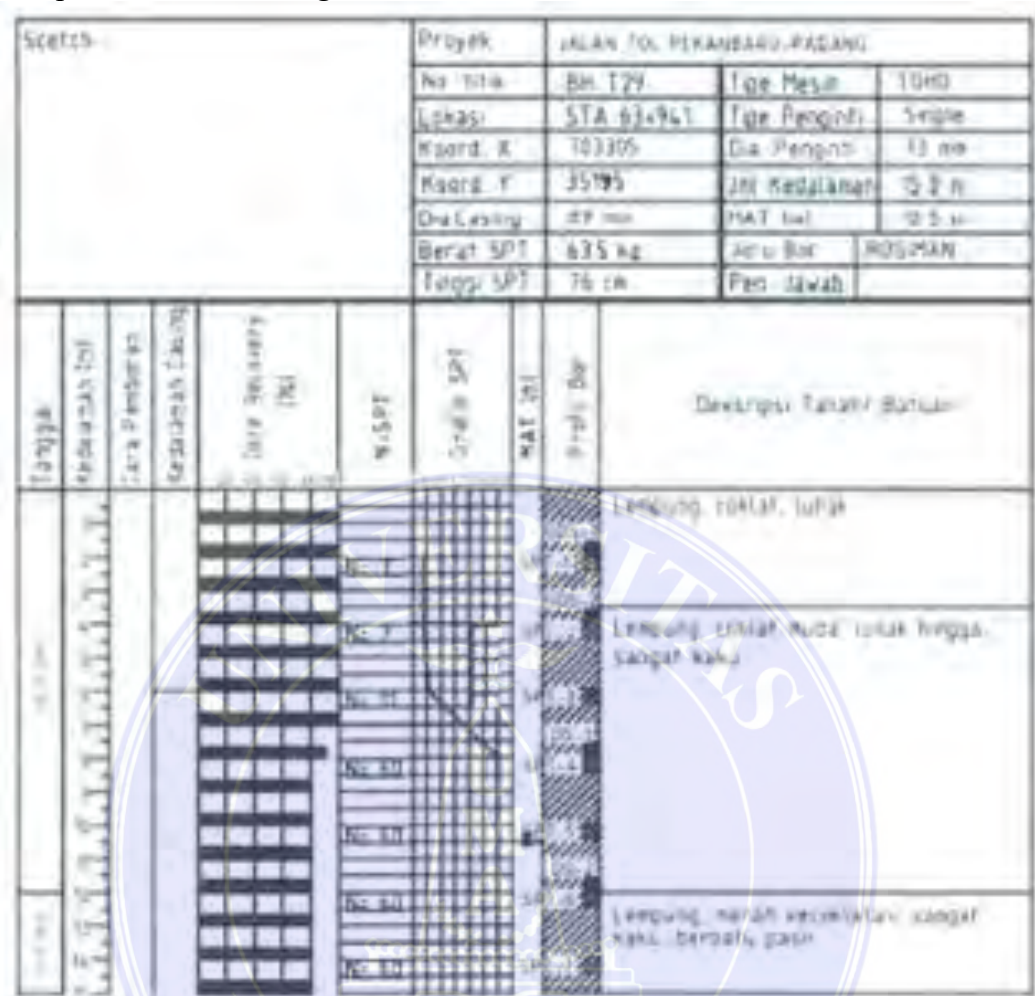
Lampiran 1. Detail gambar rencana MSE WALL



Lampiran 2. Detail Gambar Rencana Timbunan MSE WALL



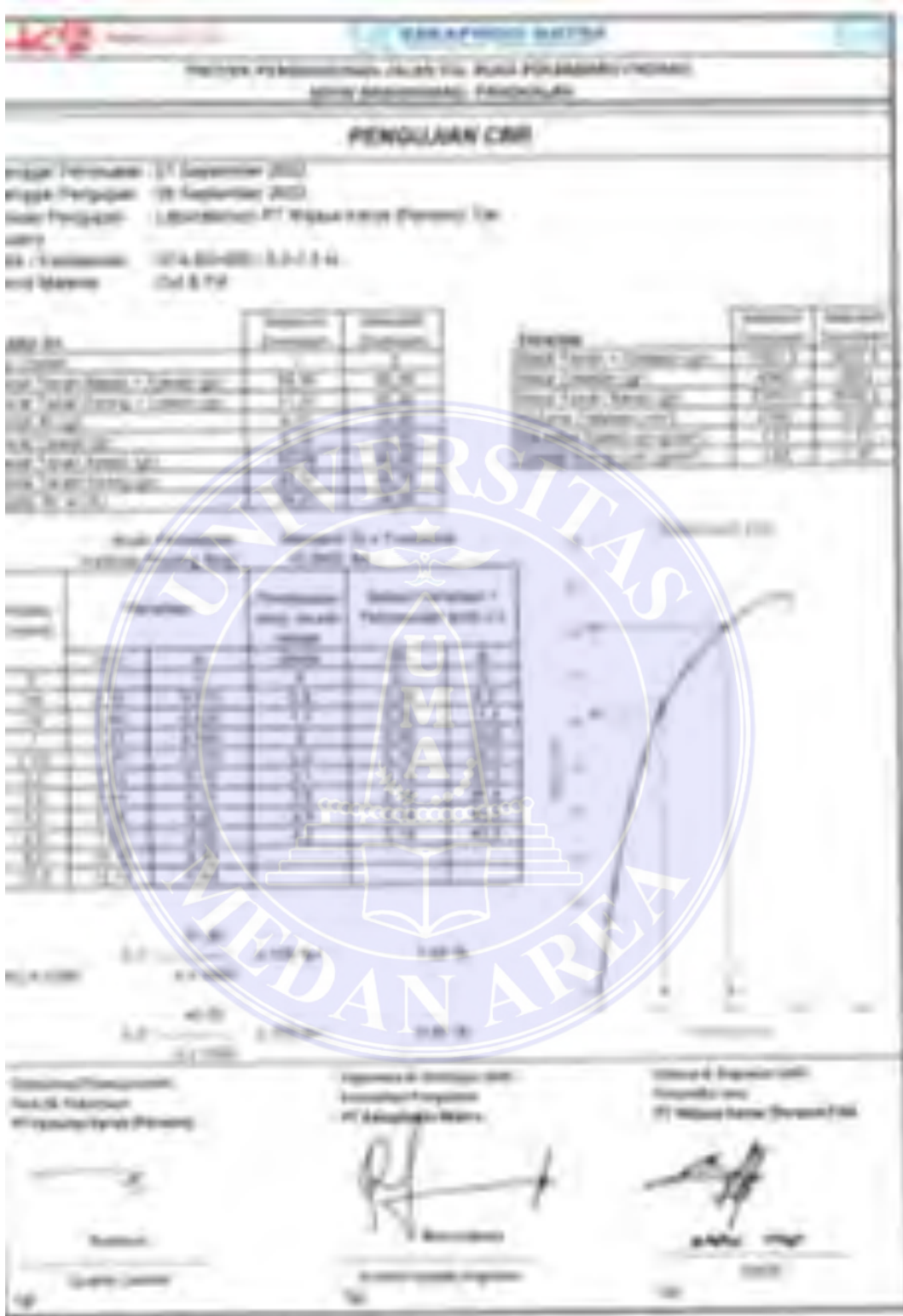
Lampiran 3. Data *Borelog*



Lampiran 4. Data CBR Titik I



Lampiran 5. Data CBR Titik 2



Lampiran 6. Data CBR Titik 3

