

**ANALISIS PERENCANAAN *RETAINING WALL*  
MENGUNAKAN *SHEETPILE* PADA PROYEK  
PENGAMAN SEMPADAN DANAU TOBA**

**SKRIPSI**

**OLEH:  
ILHAN FAHREZA  
208110055**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/1/25

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

**ANALISIS PERENCANAAN *RETAINING WALL*  
MENGUNAKAN *SHEETPILE* PADA PROYEK  
PENGAMAN SEMPADAN DANAU TOBA**

**SKRIPSI**

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



Oleh:  
**ILHAN FAHREZA**  
**208110055**

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Perencanaan *Retaining Wall* Menggunakan  
*Sheetpile* pada Proyek Pengaman Sempadan Danau  
Toba  
Nama : Ilhan Fahreza  
NPM : 208110055  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing

  
Ir. Tika Esmita Wulanhari S.T., M.T.  
Pembimbing



Tanggal Lulus : 28 Agustus 2024

## 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 sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 28 Agustus 2024



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ilhan Fahreza  
NPM : 208110055  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

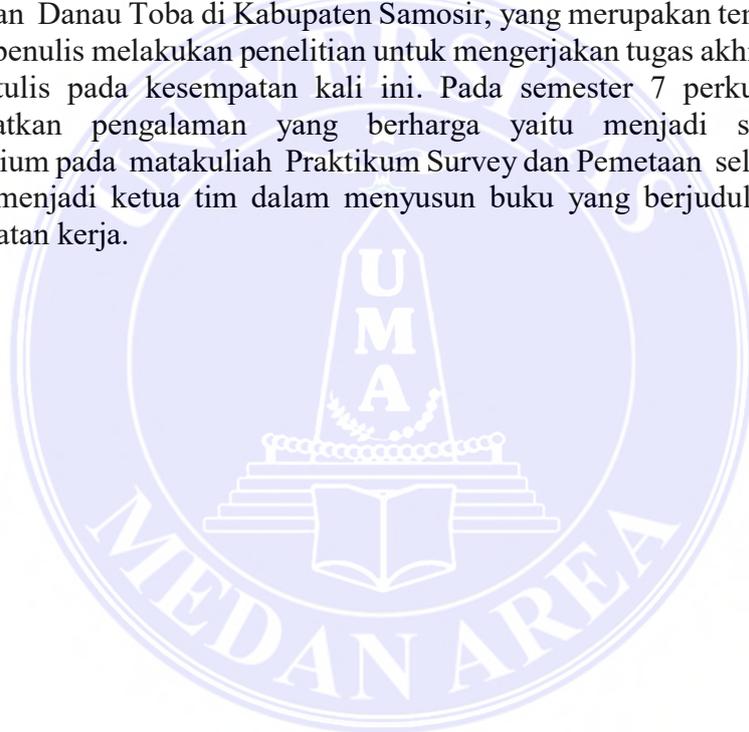
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Perencanaan *Retaining Wall* Menggunakan *Sheetpile* Pada Proyek Pengaman Sempadan Danau Toba. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/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 : 28 agustus 2024  
Yang menyatakan

(Ilhan Fahreza)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan Pada tanggal 17 Juni 2002 dari Ayah Fahmi dan Ibu Saibatul Warni Rangkuti. Penulis merupakan anak ke 2 dari 2 bersudara. Memiliki seorang kakak perempuan yang bernama Fanny Anggraini, yang merupakan lulusan Universitas Medan Area pada tahun 2020 pada jurusan Psikologi. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah dasar di SDN 060948 Medan pada tahun 2014. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah pertama di SMPN 39 Medan dan lulus pada tahun 2017, kemudian penulis masuk ke Sekolah Menengah Atas di SMAN 3 dan lulus pada tahun 2020. Kemudian Penulis melanjutkan pendidikan kuliah Strata Satu (S-1) di salah satu Universitas Swasta terbaik yang berada di Medan, Sumatera Utara yaitu Universitas Medan Area dan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) pada Konstruksi Pengaman Sempadan Danau Toba di Kabupaten Samosir, yang merupakan tempat yang sama dimana penulis melakukan penelitian untuk mengerjakan tugas akhir berupa skripsi yang ditulis pada kesempatan kali ini. Pada semester 7 perkuliahan, penulis mendapatkan pengalaman yang berharga yaitu menjadi seorang asisten laboratorium pada matakuliah Praktikum Survey dan Pemetaan selama 1 semester. Pernah menjadi ketua tim dalam menyusun buku yang berjudul kesehatan dan keselamatan kerja.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT Tuhan Yang Maha Esa, berkat karunia dan rahmat-Nya, laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Skripsi ini berjudul “Analisis Perencanaan *Retaining Wall* menggunakan *Sheetpile* pada Proyek Pengaman Sempadan Danau Toba”. Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno S.T., M.T., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T., Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area juga sebagai dosen pembimbing yang telah mengarahkan peneliti dan memberikan begitu banyak bantuan dan solusi dalam pembuatan skripsi.
4. Seluruh Dosen dan pegawai Program Studi Teknik Sipil yang memberikan ilmu dan pengetahuan selama Penulis menjalani pendidikan starat satu
5. BWS II dan PT. Monodon Pilar Nusantara yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi.
6. Kedua orang tua saya tercinta ayah Fahmi dan bunda Saibatul Warni yang telah memberikan dukungan dan doa yang tak terhingga sejak awal masuk kuliah hingga saat ini.
7. Kakak tersayang, Fanny Anggraini yang selalu memberi doa, motivasi dan dukungannya kepada penulis.
8. Keluarga tersayang Uwen, alm. Papa, Mama, Buk Elom, Umak Ana, Mak Empen, Ujoy, Atanak dan juga almh. Ubeh yang banyak mendoakan keberhasilan kepada penulis baik dalam masa perkuliahan hingga penulis menyelesaikan perkuliahan.
9. Saudara sepupu tersayang penulis cucek uwen yang memberikan doa dan semangat kepada penulis.
10. Teman teman PAZ seperjuangan penulis, Khairil, Dewa, Fajar, Rendi, Jaya dan Nanda yang selalu ada dan banyak membantu penulis, menemani, memberi semangat, motivasi dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
11. Teruntuk teman-teman Sipil 20 yang selama 4 tahun telah kita lewati bersama, merupakan kenangan yang tak terlupakan.
12. Kakanda, rekan, juga adinda keluarga besar Ikatan Mahasiswa Sipil Universitas Medan Area ( IMS UMA) yang menjadi wadah berproses dan belajar banyak pengalaman baik akademik maupun non akademik serta belajar tentang organisasi

Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan banyak manfaat untuk dunia pendidikan terutama dalam bidang Teknik Sipil.

Penulis



Ilhan Fahreza



## ABSTRAK

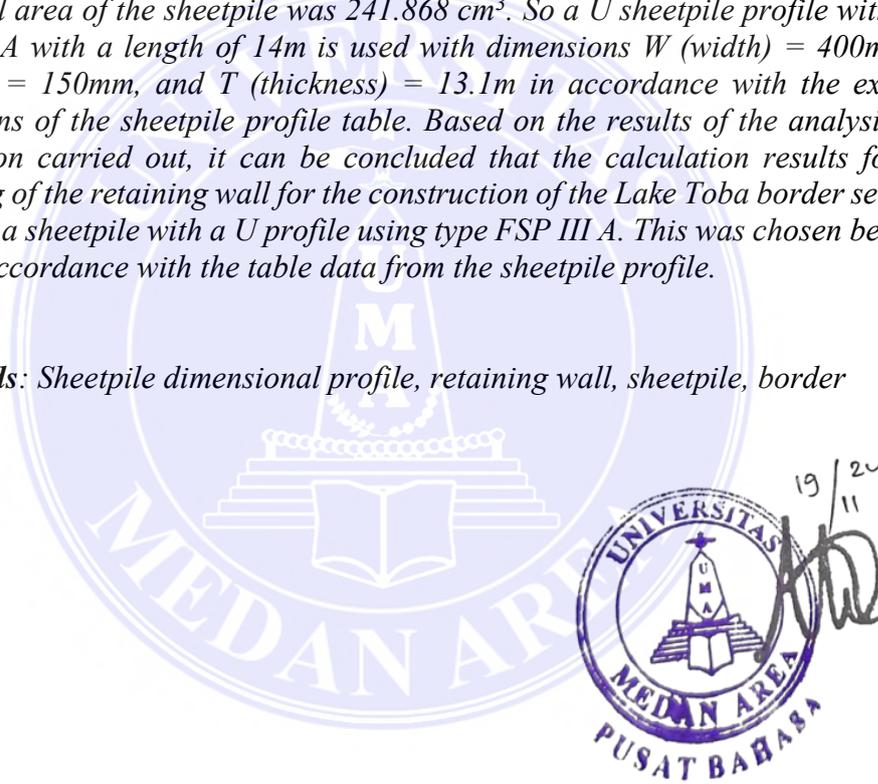
Danau Toba mengalami erosi yang cukup signifikan. Oleh karena itu, diperlukan konstruksi pengaman sempadan yang efektif. Analisis perencanaan *retaining wall* yang menggunakan *sheetpile* menjadi penting untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan dimensi profil dari *steel sheetpile* pada proyek pengaman sempadan Danau Toba, dengan mempertimbangkan faktor-faktor teknis dan lingkungan yang relevan. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menghitung nilai stabilitas dengan menggunakan metode Fellenius guna mendapatkan nilai dari Faktor keamanan yang bernilai sebesar 1,47 kemudian dengan menggunakan teori dari rumus rankine mengenai tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan perencanaan *retaining wall* diperoleh kedalaman dari *sheetpile* yang tertanam adalah 10,42m dan dengan hasil dari perhitungan  $M_{max}$  dan juga yang lainnya diperoleh nilai dari luas penampang perlebar dari *sheetpile* sebesar 241,868 cm<sup>3</sup>. Maka digunakanlah profil *sheetpile* U dengan tipe FSP III A dengan panjang 14m yang berukuran W (width) = 400mm, H (height) = 150mm, dan T (thickness) =13,1m sesuai dengan ketentuan yang ada dari tabel profil *sheetpile*. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan pada perencanaan *retaining wall* pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba adalah menggunakan *sheetpile* dengan profil U dengan menggunakan tipe FSP III A. Yang dipilih karena sesuai dengan data tabel dari profil *sheetpile*.

**Kata kunci :** Profil dimensi *sheetpile*, *retaining wall*, *sheetpile*, sempadan

## ABSTRACT

Lake Toba is experiencing significant erosion. Therefore, effective border security construction is needed. Planning analysis of retaining walls that use sheet piles is important to ensure the safety and sustainability of the area. This research aimed to analyze the profile dimension planning of steel sheet piles in the Lake Toba border protection project, taking into account relevant technical and environmental factors. The method used in this research was to calculate the stability value using the Fellenius method to obtain a safety factor value of 1.47 and then using the theory of the Rankine formula regarding active earth pressure and passive earth pressure. Based on the results of the analysis and discussion of the retaining wall planning, it was found that the depth of the embedded sheetpile was 10.42m and with the results of  $M_{max}$  calculations and others, the value of the widened cross-sectional area of the sheetpile was  $241.868 \text{ cm}^3$ . So a U sheetpile profile with type FSP III A with a length of 14m is used with dimensions  $W$  (width) = 400mm,  $H$  (height) = 150mm, and  $T$  (thickness) = 13.1m in accordance with the existing provisions of the sheetpile profile table. Based on the results of the analysis and discussion carried out, it can be concluded that the calculation results for the planning of the retaining wall for the construction of the Lake Toba border security is to use a sheetpile with a U profile using type FSP III A. This was chosen because it is in accordance with the table data from the sheetpile profile.

**Keywords:** Sheetpile dimensional profile, retaining wall, sheetpile, border



## DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASISKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	6
2.2. Tanah.....	8
2.2.1 Sifat Tanah.....	10
2.3. Klasifikasi Tanah.....	11
2.4. Tanah Lempung.....	14
2.5. Tanah Lunak.....	16
2.6. Tekanan Tanah.....	18
2.6.1 Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam.....	19
2.7. Tekanan Tanah Menurut Rankine.....	22
2.7.1 Tekanan Tanah Aktif.....	23
2.7.2 Tekanan Tanah Pasif.....	24
2.8. Pentingnya Studi Tanah dalam Geoteknik.....	25
2.9. Konsep Faktor Keamanan.....	26
2.10. <i>Sheetpile</i> .....	28
2.10.1 Tipe – Tipe <i>Sheetpile</i> .....	29
2.10.2 Profil dari <i>Sheetpile</i> .....	32

2.10.3	Pengaruh Penggunaan <i>Sheetpile</i> .....	34
2.10.4	<i>Steel Shetpile</i> sebagai Alternatif Konstruksi .....	35
2.10.5	Kelebihan dan Keterbatasan <i>Steel Sheetpile</i> .....	35
2.11.	Metode Analisis Stabilitas Lereng Fellenius.....	36
2.12.	<i>Retaining Wall</i> .....	38
2.12.1	Jenis Jenis <i>Retaining Wall</i> .....	39
2.13.	Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas .....	48
BAB III METODE PENELITIAN.....		50
3.1	Lokasi Penelitian.....	50
3.2	Kondisi Tanah .....	50
3.3	Rencana <i>Retaining Wall</i> .....	54
3.4	Tahap Persiapan .....	54
3.5	Tahap Penelitian.....	55
3.6	Metode Pengumpulan Data.....	56
3.7	Sumber Data.....	56
3.8	Kerangka Berfikir Penelitian.....	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		59
4.4	Analisis Stabilitas menggunakan Metode Fellenius .....	59
4.4	Perencanaan <i>Sheetpile</i> .....	62
4.3	Perhitungan Analisis Tekanan Tanah.....	63
4.3.1	Analisis Tekanan Tanah Aktif .....	64
4.3.2	Analisis Tekanan Tanah Pasif.....	65
4.4	Pembahasan.....	69
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....		71
5.1.	Kesimpulan .....	71
5.2.	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA .....		xv
LAMPIRAN .....		xvii

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. singkatan jenis tanah .....	14
Tabel 2. Berat Jenis (Gs) berbagai jenis tanah .....	18
Tabel 3. Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah .....	27
Tabel 4. Rekomendasi nilai faktor kermanan untuk lereng.....	28
Tabel 5. Hasil uji sondir .....	51
Tabel 6. Tebal lapisan tanah hasil uji <i>drilling log</i> .....	52
Tabel 7. Parameter tanah hasil pengujian laboratorium.....	52
Tabel 8. Hasil pengujian SPT .....	53
Tabel 9. Tabulasi beban dengan metode Fellenius .....	61
Tabel 10. Tabulasi faktor keamanan Fellenius .....	62
Tabel 11. Hasil Perhitungan Tekanan Aktif Rankine .....	64
Tabel 12. Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Pasif Rankine .....	65



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Variasi Indeks Plastisitas .....	16
Gambar 2. Tekanan tanah dalam keadaan diam.....	20
Gambar 3. Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam .....	22
Gambar 4. Tekanan Aktif Rankine .....	23
Gambar 5. Tekanan pasif Rankine .....	25
Gambar 6. <i>Steel sheetpile</i> tipe U .....	30
Gambar 7. <i>Vinyl Sheetpile</i> .....	30
Gambar 8. <i>Sheetpile</i> Beton .....	31
Gambar 9. <i>Sheetpile</i> Kayu .....	32
Gambar 10. Profil Sheetpile.....	33
Gambar 11. Blok beton .....	40
Gambar 12. <i>Diaphragm wall</i> .....	41
Gambar 13. <i>Sheetpile</i> .....	42
Gambar 14. <i>Gravity retaining wall</i> .....	43
Gambar 15. <i>Gabion retaining wall</i> .....	44
Gambar 16. <i>Revetment retaining wall</i> .....	45
Gambar 17. <i>Cantilever Retaining Wall</i> .....	46
Gambar 18. <i>Geosynthetic Retaining Wall</i> .....	47
Gambar 19. Lokasi Penelitian .....	50
Gambar 20. Potongan melintang rencana .....	54
Gambar 21. Kerangka Berpikir .....	58
Gambar 22. Bidang longsor dalam bentuk irisan .....	59
Gambar 23. Luasan area tiap irisan .....	60
Gambar 24. Desain kontruksi <i>sheetpile</i> .....	63
Gambar 25. Diagram tekanan tanah .....	63
Gambar 26. Diagram momen tekanan tanah .....	68
Gambar 27. Sheetpile u tipe FSP III A .....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data sondir S-1 .....	xvi
Lampiran 2. Lanjutran data sondir S-1 .....	xvii
Lampiran 3. Lanjutran data sondir S-1 .....	xviii
Lampiran 4. Lanjutran data sondir S-1 .....	xix
Lampiran 5. Data <i>drilling log</i> .....	xx
Lampiran 6. Proses penanaman <i>sheetpile</i> .....	xx
Lampiran 7. Koreksi kemiringan <i>sheetpile</i> .....	xxi
Lampiran 8. Proses pemasangan <i>sling</i> baja.....	xxi



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

*Retaining wall* atau dinding penahan tanah merupakan suatu bangunan arsitektur berupa dinding yang digunakan untuk menstabilkan tanah yang miring agar tidak bergeser yang dapat menimbulkan tanah longsor. Struktur dari *Retaining wall* atau dinding penahan tanah ini haruslah dibangun dengan sangat kuat sehingga dapat menahan tanah secara optimal. Tanah yang ditahan biasanya mempunyai pergerakan alami yang sulit untuk dibendung. Penyebab utama terjadinya tanah longsor adalah akibat dari gravitasi, hujan lebat, gempa bumi, erosi, bahkan letusan gunung berapi. *Retaining wall* atau dinding penahan tanah banyak dijumpai di daerah dataran tinggi seperti pegunungan dan perbukitan, namun *Retaining wall* juga dapat dijumpai di daerah dataran rendah seperti pantai, sungai, danau, jalan layang, atau kolong bangunan. Bahkan, *Retaining wall* juga bisa digunakan pada rumah untuk menahan tanah di halaman sekitar rumah.

Dinding turap atau *sheetpile* ialah dinding penahan yang tipis yang sebagian besar dibangun untuk menahan tanah, air, atau bahan pengisi lainnya yang tersedia. Kebanyakan menggunakan bahan pabrikan yang digetarkan atau dipalu ke dalam tanah, dan bagian yang berdekatan dihubungkan untuk membentuk dinding penuh. Tiang turap baja (*Steel Sheetpile*) merupakan bahan yang umumnya digunakan, namun tiang turap beton dan kayu juga dapat digunakan. Bahan konstruksi ini digunakan untuk *cofferdam*, pelindung tepi sungai, laut maupun danau, struktur muka air, dan penahan sisi-sisi potongan yang dibuat di dalam

tanah. Penggunaan *Steel Sheetpile* pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba bertujuan untuk menjaga kestabilan tanah dan mencegah erosi. Perancangan *Steel Sheetpile* menjadi sangat penting dalam memastikan bahwa konstruksi tersebut dapat berfungsi optimal dan memberikan perlindungan maksimal terhadap erosi dan longsor di sekitar Danau Toba.

Sempadan adalah garis atau tanda batas yang berfungsi untuk melindungi dan mengamankan masyarakat, fasilitas, dan kawasan yang dianggap mempunyai nilai ekonomi tinggi dan juga nilai sejarah dari perusakan yang diakibatkan kegiatan manusia atau akibat dari bencana alam. Maka, pengertian dari pengaman sempadan itu sendiri ialah merupakan struktur yang digunakan untuk menghindari atau mengurangi dampak seperti gempa bumi atau banjir, yang biasanya dibangun sekitar perairan contohnya pada sekitar perairan Danau Toba. Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2021 Tentang Penyelamatan Danau Prioritas Nasional, Sempadan Danau adalah adalah luasan lahan yang mengelilingi dan berjarak tertentu dari tepi badan Danau yang berfungsi sebagai kawasan pelindung Danau, fasilitas publik, masyarakat, dan kepentingan aspek lingkungan. Sama halnya dengan dinding penahan tanah yang merupakan struktur yang digunakan untuk mengendalikan dan mengatur aliran tanah dan air, serta mengurangi erosi tanah. Pengaman sempadan berfungsi untuk menahan tekanan tanah dan air di sepanjang sempadan, sehingga mencegah keruntuhan tanah atau gerusan sungai maupun danau. Penggunaan antara pengaman sempadan dengan dinding penahan tanah sendiri juga berbeda-beda tergantung pada keperluan dan tujuan konstruksi.

Dalam konteks Proyek Pengaman Sempadan Danau Toba, penggunaan *steel sheetpile* menjadi relevan mengingat kondisi geoteknik dan hidrologi di sekitar Danau Toba. Danau Toba merupakan danau vulkanik terbesar di Indonesia dan merupakan salah satu objek wisata yang populer di Sumatera Utara. Namun, pada beberapa tahun terakhir, sempadan Danau Toba mengalami erosi yang cukup signifikan. Erosi ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti curah hujan yang tinggi, aliran sungai yang deras, dan aktivitas manusia yang tidak terkontrol. Untuk mengatasi masalah erosi ini, diperlukan konstruksi pengaman sempadan yang efektif.

Pengamanan sempadan danau penting untuk mencegah erosi, longsor, serta kerusakan ekologis yang dapat mempengaruhi ekosistem dan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Salah satu jenis konstruksi pengaman sempadan yang digunakan adalah penanaman tiang turap dengan menggunakan *steel sheetpile*. Tiang turap baja atau *steel sheetpile* ini berfungsi untuk menahan tekanan tanah dan air, sehingga dapat mencegah terjadinya erosi maupun kelongsoran. Analisis perencanaan *retaining wall* yang menggunakan *sheetpile* pada Proyek Pengaman Sempadan Danau Toba menjadi penting untuk memastikan solusi dari penanggulangan erosi dan longsor di wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan dimensi dari profil *steel sheetpile* pada proyek pengaman sempadan Danau Toba, dengan mempertimbangkan faktor-faktor teknis dan lingkungan yang relevan. Dari penjelasan diatas, maka penulis mengambil judul penelitian dengan judul sebagai berikut “Analisis Perencanaan *Retaining Wall* Menggunakan *Sheetpile* pada Proyek Pengaman Sempadan Danau Toba.”

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang dijabarkan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapakah ukuran dimensi dari *steel sheetpile* yang akan diperoleh untuk solusi penanggulangan erosi maupun kelongsoran pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba yang diperkuat oleh *sheetpile* yang terjadi di Desa Sipingga, Kecamatan Nainggolan, kabupaten Samosir, Sumatera Utara?.

## 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian adalah untuk menganalisis perencanaan *retaining wall* yang menggunakan *sheetpile* pada proyek pengaman sempadan Danau Toba. Sedangkan tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui ukuran dimensi dari profil *sheetpile* yang digunakan pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba.

## 1.4. Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah hanya terbatas pada perhitungan ukuran dimensi dari profil *sheetpile* yang digunakan pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba dan tidak melibatkan perhitungan biaya atau kelayakan finansial. Analisis lebih lanjut mengenai proses konstruksi dan implementasi di lapangan tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi penulis, penelitian ini sebagai bahan untuk penulisan tugas akhir. Merupakan syarat dalam memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Kemudian sebagai tambahan pengetahuan lapangan saya jika melakukan hal serupa seperti ini di masa akan datang.

2. Bagi akademik untuk tambahan dan pengembangan ilmu di bidang geoteknik.
3. Bagi Masyarakat atau Pemerintah dapat dijadikan bahan referensi tambahan dalam mengetahui seberapa aman kestabilan dari suatu dinding penahan tanah yang menggunakan *sheetpile* nantinya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Peneliti terdahulu adalah penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu dan dapat berasal dari berbagai sumber akademis seperti skripsi, disertasi, ataupun jurnal penelitian. Berikut dibawah ini adalah hasil-hasil penelitian terdahulu yang peneliti gunakan sebagai acuan ketika melakukan penelitian:

1. Donald Donny Supit (Volume 15, Nomor 2, Tahun 2019) dari Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik De La Salle Manado, tentang “Analisa Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek *Interchange* Manado. Menganalisis dan menghitung kestabilan dinding penahan tanah terhadap gaya geser dan guling. Menganalisis dan menghitung gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur dinding penahan tanah dengan asumsi terbuat dari beton. Metode ini digunakan untuk menilai stabilitas dan keamanan dinding penahan dalam proyek. Perhitungan kestabilan dinding penahan tanah pada proyek Simpang Susun Manado memberikan hasil sebagai berikut. Stabilitas terhadap guling ( $F_s$  *Overtuning*) adalah  $6,912 > 2$  yang memenuhi persyaratan. Stabilitas terhadap geseran ( $F_s$  *Sliding*) sebesar  $5,356 > 2$  juga memenuhi syarat. Eksentrisitas ( $e$ ) dinding penahan tanah dengan nilai  $0,011 \leq B/6 = 0,82$  memenuhi syarat keselamatan daya dukung. Stabilitas daya dukung ( $F_s$  *Bearing capacity*) sebesar  $25,302 > 3$  ok. Secara keseluruhan, perhitungan stabilitas menunjukkan dinding penahan tanah

memenuhi persyaratan keselamatan untuk stabilitas terhadap guling (*Fs Overtuning*), stabilitas terhadap geseran (*Fs Sliding*), dan stabilitas daya dukung (*Fs Bearing capacity*).

2. Agus Dermawan, Syaiful, Alimuddin, Fachruddin (Volume 15, No 2, Tahun 2022) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar tentang “Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan *Sheetpile* Baja (Studi Kasus: Desa Mekarjaya, Kecamatan Ciomas, Kabupaten Bogor)”. Penelitian ini membahas analisis stabilitas dinding penahan tanah di Desa Mekarjaya, Kabupaten Bogor, untuk menahan tanah dan mencegahnya dari bahaya longsor. Penelitian ini menggunakan Metode Rankine, Schmertmann, dan Nottingham untuk menganalisis stabilitas terhadap guling, geser, dan kapasitas daya dukung tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa dinding penahan tanah aman terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Dari hasil perhitungan diperoleh angka keamanan stabilitas terhadap guling, geser dan kapasitas daya dukung tanah. Stabilitas dinding terhadap guling  $f_s$  menjadi  $1,55 > 1,5$  (aman) dan stabilitas terhadap geser  $f_s$  menjadi  $2,51 > 1,5$  (aman). Untuk tegangan tanah di bawah dinding  $q_{toe}$   $31,3953 \text{ kN/m}^2 < Q_{all}$   $2501,3841 \text{ kN/m}^2$  (aman) untuk tegangan  $q_{hell}$   $1,43 \text{ kN/m}^2 > 0$  (lebih dari 0, hasil aman).
3. Riska Handayana, Deddy Dharmawansyah, Eti Kurniati, Adi mawardin (Volume 1, No. 2, tahun 2020) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa, mengenai “Analisis Dinding

Penahan Tanah pada Sungai Brang Biji. Metode penelitian ini menggunakan metode analisis balik atau dengan cara *trial and error* parameter tanah hingga diperoleh angka keamanan kritis ( $SF \leq 1$ ). Metode ini digunakan untuk menentukan kestabilan konstruksi dinding penahan tanah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan dinding penahan tanah berupa Pasangan Batu Kali efektif dalam menjaga stabilitas lereng Sungai Brang Biji yang rentan terhadap banjir. Selain itu, pemasangan *sheetpile* juga memberikan tingkat kestabilan yang baik terhadap lereng sungai. Selain itu, pemasangan *sheetpile* juga memberikan tingkat kestabilan yang baik terhadap lereng sungai. Dengan menambahkan dinding penahan tanah pasangan batu kali dengan ketinggian 5,5 m, dengan lebar bawah 3,85m, lebar bagian atas 0,6m dan kedalaman pemasangan dinding penahan tanah 1,5m dapat membuat lereng sungai Brang Biji menjadi stabil terhadap gaya guling dengan  $SF = 3,4$ , terhadap gaya geser  $SF = 2,17$ , dan terhadap daya dukung tanah  $SF = 3$ . Dimana dengan artian pemasangan dinding penahan tanah ini memenuhi batas nilai kestabilan stabil.

## 2.2. Tanah

Tanah merupakan salah satu elemen dasar dalam teknik sipil yang memiliki peran penting dalam desain dan konstruksi berbagai struktur seperti bangunan, jembatan, jalan raya, bendungan, dan lain-lain. Pemahaman tentang sifat-sifat tanah sangat krusial dalam bidang geoteknik karena menentukan bagaimana tanah akan berperilaku di bawah beban konstruksi. Para ahli telah

memberikan berbagai definisi dan pemahaman mengenai tanah, yang mencerminkan kompleksitas dan keanekaragaman sifat tanah.

Tanah merupakan salah satu jenis batuan yang mudah mengalami pelapukan. Proses pelapukan ini terjadi dalam jangka waktu yang relatif lama, terkadang ratusan tahun. Dalam pengertiannya secara umum, tanah didefinisikan sebagai suatu bahan yang terdiri dari agregat atau butiran mineral padat yang berupa partikel dan bahan organik yang telah mengalami proses pelapukan, dengan cairan dan gas mengisi ruang-ruang partikel padat tersebut.

Menurut Karl Terzaghi, dikenal sebagai bapak mekanika tanah, mendefinisikan tanah sebagai agregat dari partikel-partikel mineral yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan mengandung ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel tersebut yang dapat terisi oleh air atau udara. Menurut Terzaghi, sifat-sifat mekanis tanah sangat dipengaruhi oleh komposisi mineral dan struktur partikel tanah serta kondisi air dalam pori-porinya. Sedangkan menurut Braja M. Das (2016) dalam bukunya "*Principles of Geotechnical Engineering*" menyatakan bahwa tanah adalah bahan alami yang terdiri dari butir-butir mineral yang terbentuk dari pelapukan batuan serta mengandung bahan organik. Das menekankan bahwa analisis geoteknik harus mempertimbangkan berbagai parameter tanah seperti kepadatan, porositas, konsistensi, dan permeabilitas.

Tanah merupakan tempat didirikannya bangunan untuk melaksanakan berbagai pekerjaan teknik sipil, dan juga berperan sebagai penyangga pondasi bangunan. Hampir semua proyek konstruksi sipil dibangun di atas tanah, termasuk gedung pencakar langit, jalan, jembatan, bandara, dermaga, dan pelabuhan. Oleh karena itu, sebagai seorang insinyur sipil perlu mempelajari sifat-sifat dasar tanah,

seperti asal muasal tanah, sebaran ukuran partikel tanah, kapasitas pengaliran tanah, sifat tekan (kompresibilitas) bila tanah dikenai beban, kuat geser tanah, kemampuan tanah untuk menahan beban ataupun menanggung beban, dll. Oleh karena itu, sebelum membangun suatu proyek bangunan, diperlukan pengetahuan tentang tanah. Pada umumnya kondisi tanah tidak seragam, sehingga menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan saat merencanakan atau membangun sebuah bangunan di atasnya. Tanah mempunyai berbagai macam sifat. Apabila tanah tak bergerak digunakan sebagai pondasi suatu bangunan, maka tanah itu harus mempunyai tanah yang stabil.

### 2.2.1 Sifat Tanah

Tanah memiliki berbagai sifat yang perlu dipahami dalam konteks geoteknik. Beberapa sifat utama tanah yang penting antara lain:

#### 1. Kepadatan dan Berat Jenis

Kepadatan tanah mengacu pada massa per satuan volume tanah, termasuk pori-pori udara dan air. Berat jenis (*specific gravity*) adalah perbandingan antara berat satuan volume tanah dengan berat satuan volume air. Parameter ini penting dalam menentukan stabilitas dan daya dukung tanah.

#### 2. Porositas dan Permeabilitas

Porositas adalah persentase volume total pori-pori dalam tanah terhadap volume total tanah. Sedangkan Permeabilitas yang mengukur kemampuan tanah untuk mengalirkan air melalui pori-porinya. Tanah dengan permeabilitas tinggi memungkinkan drainase yang baik, sedangkan tanah dengan permeabilitas rendah cenderung retentif terhadap air.

### 3. Konsistensi dan Indeks Plastisitas

Konsistensi tanah menggambarkan kekuatan dan deformabilitas tanah dalam kondisi yang berbeda (kering, lembab, dan basah). Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dan batas plastis tanah, yang menunjukkan rentang kelembaban di mana tanah berperilaku plastis. Indeks ini penting dalam klasifikasi tanah lempung.

### 4. Sudut Geser Dalam dan Kohesi

Sudut geser dalam (*internal friction angle*) dan kohesi adalah parameter penting dalam teori kekuatan geser tanah. Sudut geser dalam menggambarkan resistensi tanah terhadap pergeseran di sepanjang bidang geser, sedangkan kohesi adalah gaya tarik-menarik antara partikel tanah yang tidak bergantung pada tekanan normal.

### 5. Kompresibilitas dan Konsolidasi

Kompresibilitas mengukur kemampuan tanah untuk berkurang volumenya di bawah beban, sementara konsolidasi adalah proses penurunan volume tanah akibat keluarnya air dari pori-pori tanah seiring waktu di bawah beban tetap. Kedua sifat ini penting dalam analisis penurunan tanah dan stabilitas fondasi.

## 2.3. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengorganisasian berbagai jenis tanah dengan sifat-sifat yang berbeda namun serupa, yang dibagi menjadi beberapa kelompok dan subkelompok tergantung pada penggunaannya. Sistem klasifikasi menyediakan bahasa sederhana untuk menggambarkan karakteristik umum berbagai jenis tanah tanpa memerlukan penjelasan yang terperinci. Secara

umum klasifikasi berdasarkan tekstur berarti bahwa kondisi permukaan tanah dipengaruhi oleh ukuran setiap partikel yang ada di dalam tanah. Hasil dari penyelidikan indeks properti tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi isu-isu spesifik seperti:

1. Penentuan penurunan bangunan dengan menentukan pemadatan tanah.
2. Kecepatan air yang mengalir melalui benda uji ditentukan untuk menghitung koefisien permeabilitas.
3. Mengevaluasi kestabilan tanah miring dengan mengukur kuat geser tanah.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengklasifikasikan secara sistematis jenis-jenis tanah dengan sifat-sifat yang berbeda-beda, yang dibagi rata menjadi beberapa kelompok dan subkelompok sesuai dengan kegunaannya. Tanah dibagi menjadi empat golongan yaitu:

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

Dalam penggolongan tanah menurut sifat-sifatnya, tanah digolongkan berdasarkan komponen utama yang dikandungnya. Misalnya tanah liat berpasir (*sand clay*), tanah liat berlanau (*silty clay*), dll. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari campuran jenis atau lebih. Tanah lempung tidak serta merta hanya terdiri dari partikel lempung, tetapi dapat bercampur dengan butiran lanau atau pasir berukuran, dan dapat juga mengandung campuran bahan organik.

Ada banyak referensi dalam sistem pengelompokan tanah yang sering digunakan sebagai hasil dari pengembangan suatu sistem pengelompokan yang telah dilakukan sebelumnya. Beberapa sistem yang ada mempertimbangkan distribusi ukuran butir dan batas Atterberg. Klasifikasi ini merupakan sistem klasifikasi bangunan dari AASHTO (*American Association of Highway and Transportation Offices*) dan sistem klasifikasi bangunan dari USCS (*Unified Building Classification System*).

1. Sistem klasifikasi tanah berbasis USCS biasa digunakan untuk pekerjaan di bidang teknik sipil, seperti bendungan, pondasi, atau bangunan lain yang sejenis.
2. Sistem klasifikasi tanah berdasarkan kelompok AASHTO menjadi tujuh kelompok besar yaitu kelompok A-1 sampai dengan kelompok A-7. Tanah yang tergolong dalam kelompok A-1 sampai A-3 adalah tanah berbutir kasar yang 35% atau kurang dari total tanahnya lolos saringan, sedangkan tanah pada kelompok A-4 sampai A-7 merupakan tanah rumah yang baik.

Klasifikasi tanah berfungsi sebagai pedoman awal dalam memprediksi kondisi tanah pada proses perancangan pondasi. Dari beberapa sistem klasifikasi tanah oleh USCS, tanah secara garis besar terbagi menjadi dua kelompok, yaitu tanah dengan butir kasar dan tanah dengan butir halus berdasarkan pada material yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Huruf pertama yang menjadi pemberian nama kelompok adalah ringkasan dari suatu jenis tanah yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. singkatan jenis tanah (Hardiyatmo, 2017)

Kode	Jenis Tanah
G	Kerikil ( <i>gravel</i> )
S	Pasir ( <i>sand</i> )
M	Lanau ( <i>silt</i> , huruf m singkatan dari MO, Bahasa Skandinavia )
C	Lempung ( <i>clay</i> )
O	Organik ( <i>organic</i> )
Pt	Gaambut ( <i>peat</i> )

#### 2.4. Tanah Lempung

Tanah lempung sebagian besarnya terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopik tabular, yang terdiri dari partikel mika, mineral lempung, dan mineral yang sangat halus lainnya. Tanah lempung didefinisikan sebagai sekelompok partikel dengan ukuran antara 0,002 mm dan kurang dari 0,005 mm dan selanjutnya tidak diklasifikasikan sebagai partikel tanah lempung lagi.

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. Kerentanan (*sensitivity*),

Kerentanan mengacu pada hilangnya kekuatan tanah lempung akibat gangguan tanah ataupun dari perubahan bentuk ulang dari tanah itu sendiri. Diketahui bahwa kekuatan geser tak terdrainase merupakan ukuran sederhana dari kekuatan geser tanah. Besarnya nilai dari kerentanan tanah lempung umumnya berkisar antara 1 hingga 4, namun seringkali lebih besar dari 4. Ada banyak tanah dengan kekuatan geser tak terdrainase mencapai nilai sebesar 100 kPa, sementara tanah lainnya mempunyai indeks kecairan sebesar 1. ketika tanah seperti terbentuk ulang, kekuatan gesernya berkurang menjadi hanya sebesar 2 kPa, sehingga menghasilkan nilai kerentanan sebesar 50. Terdapat jenis tanah lempung yang memiliki nilai kerentanan di atas 100 yang disebut *quick clay*.

b. Thixotropi

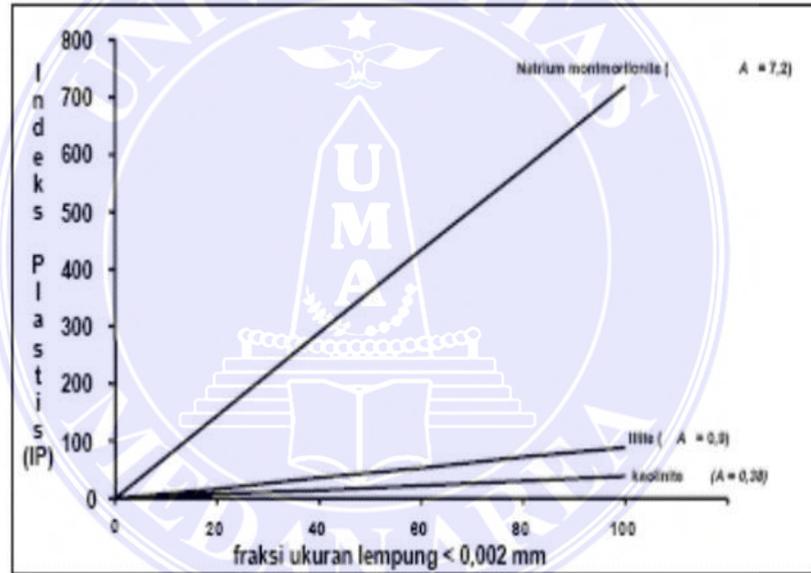
Thixotropy adalah istilah untuk kecenderungan tanah lempung untuk memperoleh kembali kekuatannya setelah kehilangannya akibat proses pembentukan ulang tanah. Sulit untuk tanah mendapatkan kembali kekuatan aslinya. Kebanyakan tanah hanya mendapatkan kembali sebagian kecil kekuatannya.

c. Aktivitas

Diartikan sebagai perbandingan antara rasio indeks plastisitas (PI) terhadap proporsi partikel yang lebih kecil dari 0,002 mm (kandungan lempung). Nilai aktivitas di bawah 0,75 dianggap rendah, nilai antara 0,75 dan 1,25 dianggap normal, dan nilai di atas 1,25 berarti aktivitas tinggi. Terdapat hubungan erat antara jenis mineral lempung dengan aktivitasnya. Kaolinite, halloysite, dan

allophone memiliki aktivitas rendah, ilit memiliki aktivitas sedang atau normal, sedangkan montmorillonit memiliki aktivitas tinggi.

Seperti yang dijelaskan dalam gambar 1 di bawah ini, pada suatu pengujian lapangan, terdapat beberapa kriteria tertentu untuk menentukan sifat-sifat tanah lempung. Dengan artian jika tanah meleleh saat diremas dengan jari empuk sekali maka tanah tersebut sifatnya sangat lunak, jika tanah mudah diremas dengan jari maka tanah tersebut sifatnya lunak, namun jika tanah sulit untuk diremas dengan jari maka tanah tersebut sifatnya kaku.



Gambar 1. Variasi Indeks Plastisitas (Hardiyatmo, 2002)

## 2.5. Tanah Lunak

Tanah lunak mengandung mineral lempung dan mempunyai kadar air yang tinggi. Di Indonesia, jenis tanah ini terdapat pada area seluas lebih dari 20 juta hektar atau lebih dari 10% luas daratan Indonesia. Lapisan tanah yang biasa disebut lapisan lunak adalah tanah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) dengan nilai N kurang dari 4 pada pengujian penetrasi standar (*standard penetration test*) atau tanah

organik seperti gambut dengan kadar air alami yang sangat tinggi. Demikian pula lapisan tanah berpasir dengan nilai  $N$  kurang dari 10 bila gembur digolongkan sebagai lapisan lunak. Tanah lunak adalah tanah liat yang sebagian besar terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil seperti tanah liat atau lanau. Dengan demikian tanah lunak dalam teknik sipil merupakan tanah yang memiliki sifat-sifat yang tidak stabil dan memerlukan perhatian khusus dalam desain dan konstruksi bangunan untuk menghindari kerusakan dan kegagalan struktur.

Ciri-ciri tanah lunak sendiri adalah gaya geser yang rendah, kompresibilitas tinggi, nilai koefisien permeabilitas yang rendah, dan daya dukung rendah. Ketika tanah diberikan beban yang melebihi kapasitas daya dukung beban kritisnya, maka terjadi kerusakan pada lapisan bawah tanah yang merupakan pondasi dari struktur tersebut. Sekalipun kekuatan beban itu berada di bawah daya dukung kritisnya, daerah penurunan akan meluas dalam jangka waktu yang lama, yang pada akhirnya menimbulkan berbagai kerusakan pada struktur. Sifat-sifat ini membuat tanah lunak tidak cocok untuk digunakan sebagai lapisan tanah dasar pada suatu konstruksi.

Berdasarkan hasil pengujian lapangan, tanah yang secara fisik lunak dapat dengan mudah ditekan dengan tangan. Braja M. Das mengatakan, hasil pengujian lapangan dan laboratorium menunjukkan bahwa ketika koefisien permeabilitas ( $k$ ) sangat rendah yaitu di bawah  $0,0000001$  cm/s dengan nilai batas cair (LL) di atas 50%, nomor pori ( $e$ ) adalah antara 2,5 dan 3,2, dan kandungan air pada saturasi adalah antara 90% dan 120%, dan berat jenis ( $G_s$ ) adalah 2,6 hingga 2,9. Nilai berat jenis untuk berbagai jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. 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

## 2.6. Tekanan Tanah

Tekanan tanah adalah tekanan yang dihasilkan oleh tanah di sekitar struktur atau dinding yang dapat menyebabkan tekanan pada dinding tersebut. Tekanan tanah sering terjadi pada dinding penahan tanah atau dinding penahan lereng. Tekanan tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus Rankine atau rumus Coulomb. Tekanan tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berat jenis tanah, kedalaman dinding penahan tanah, sudut gesekan dalam tanah, dan kemiringan lereng. Semakin tinggi berat jenis tanah, semakin dalam dinding penahan tanah, semakin tinggi sudut gesekan dalam tanah, dan semakin curam kemiringan lereng, semakin besar tekanan tanah yang dihasilkan. Penting untuk memperhitungkan tekanan tanah dalam desain dinding penahan tanah atau dinding penahan lereng agar struktur tersebut dapat berfungsi dengan aman dan efektif. Hal ini dapat dilakukan dengan memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan tanah lateral dan menggunakan metode analisis yang tepat.

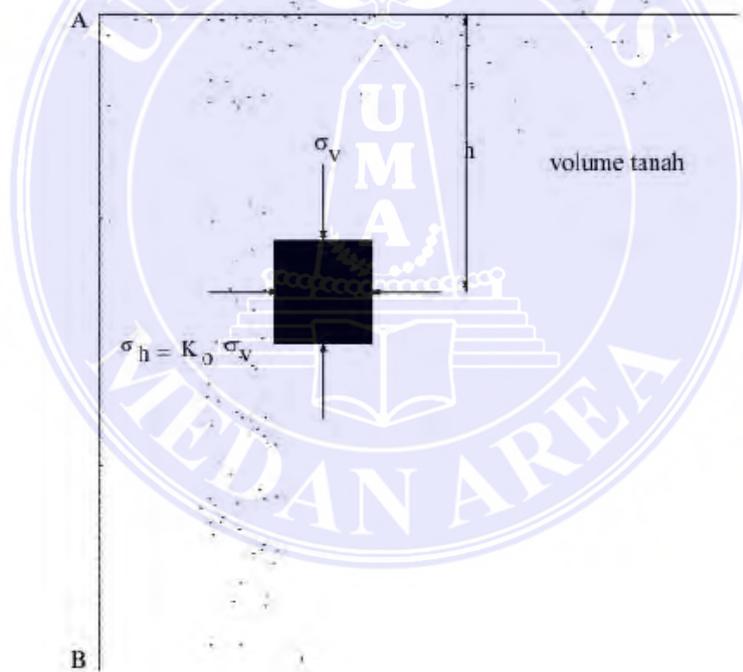
Menurut Hardiyatmo (2010) analisis tekanan tanah digunakan untuk perancangan dinding penahan tanah dan struktur penahan lainnya, seperti : pangkal jembatan, turap terowongan, saluran beton dibawah tanah dan lain-lainnya. Tekanan tanah lateral yaitu gaya yang dihasilkan akibat dorongan tanah yang berasal dari belakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan tanah lateral dapat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya. “Pada dinding penahan tanah tekanan lateral yang bekerja meliputi tekanan tanah pada kondisi diam, kondisi aktif, kondisi pasif, pada beban terbagi rata di atas permukaan timbunan, ketidakseimbangan muka air tanah di kedua sisi dinding, gaya gempa, gaya benturan gelombang, dan lain-lainnya. Pada analisis perhitungan dinding penahan tanah yang umumnya didasarkan bahwa dinding bergerak secara lateral yaitu dengan cara menggeser serta berotasi terhadap kaki dinding, sehingga kuat geser tanah di belakang dinding sepenuhnya termobilisasi. Dalam kondisi ini, tekanan lateral tanah memenuhi teori-teori Rankine atau Coulomb” (Wiswara, 2012).

### 2.6.1 Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

Pembentukan tanah berasal dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapan tanah mengalami konsolidasi karena pengaruh tekanan *overburden* ( $\sigma_v$ ) (yaitu oleh akibat bebannya sendiri). Tekanan vertikal menimbulkan perubahan bentuk kearah lateral oleh pengaruh *ratio poisson*. Tanah di sekitarnya menahan perubahan kearah lateral ini dengan mengembangkan tekanan tanah sebesar  $\sigma_h$ . Setelah waktu yang lama, konsolidasi dan rangkakan (*creep*) arah vertikal dan lateral menjadi nol. Pada keadaan ini telah terjadi kedudukan tegangan-tegangan yang telah setabil, dengan  $\sigma_v$  dan  $\sigma_h$  menjadi

tegangan-tegangan efektif utamanya. Karena tidak ada perubahan letak (*displacement*), maka tidak ada tegangan geser yang terjadi pada bagian vertikal dan horizontal di sembarang titik pada lapisan tanah. Kondisi keseimbangan di tempat yang dihasilkan dari kedudukan tegangan-tegangan dengan tanpa terjadinya tegangan geser didefinisikan sebagai tegangan  $K_0$  (Hardiyatmo, 2010).

Dapat dilihat massa tanah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2. Massa tanah tersebut dibatasi oleh dinding yang permukaannya licin AB dan dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman  $h$  akan terkena tekanan arah vertikal dan tekanan arah horizontal” .



Gambar 2. Tekanan tanah dalam keadaan diam (Das, 2011)

Kondisi dinding AB dalam keadaan diam, yaitu apabila dinding tidak tersebut hanya bergerak ke salah satu arah, baik ke arah kanan maupun kiri dari posisi awal, sehingga massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horisontal dan tekanan arah vertikal

dinamakan "koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*),  $K_0$ ", atau:

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

Karena  $\sigma_v = \gamma \zeta$ , maka

$$\sigma_h = K_0(\gamma \zeta)$$

Dimana :

$K_0$  = koefisien tekanan tanah saat diam

$\sigma_h$  = tegangan horizontal

$\sigma_v$  = tegangan vertikal

$\gamma$  = berat volume

$\zeta$  = kedalaman dari muka tanah

Gambar 3 menunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H. Gaya total per satuan lebar dinding,  $P_0$ , adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan. Jadi,

$$P_0 = \frac{1}{2} K_0 \gamma H^2$$

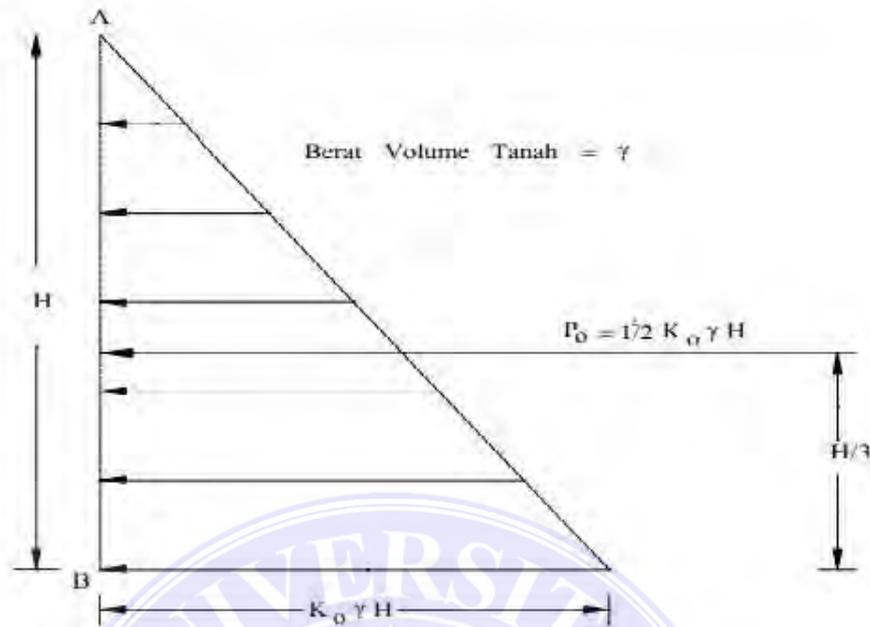
Dimana:

$K_0$  = koefisien tekanan tanah saat diam

$P_0$  = gaya total per satuan lebar dinding

$\gamma$  = berat volume

H = tinggi dinding penahan



Gambar 3. Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (Das, 2011)

### 2.7. Tekanan Tanah Menurut Rankine

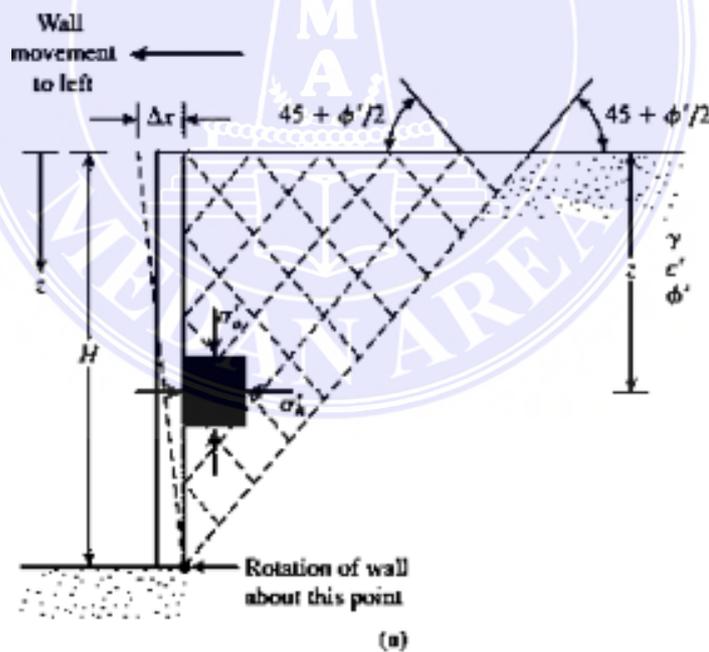
Rankine menyelidiki keadaan tegangan didalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis. Keseimbangan plastis adalah suatu kondisi dimana setiap titik dalam suatu massa tanah menuju proses keadaan runtuh. Komponen gaya-gaya yang bekerja pada turap dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung tegangan tanah aktif ( $\sigma_a$ ) dan tegangan tanah pasif ( $\sigma_p$ ) menggunakan Teori Rankine.

Menurut Das (2011), 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.

- $P_a = 1/2\gamma H^2 K_a$   
 $\gamma =$  Berat isi tanah ( $g/cm^3$ )  
 $H =$  Tinggi dinding (m)  
 $\Phi =$  Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

### 2.7.1 Tekanan Tanah Aktif

Gambar yang didistribusikan tekanan aktif dapat dilihat pada gambar 4. Menunjukkan nilai  $\sigma'_o = 0$  ketika  $z = 0$  dan  $\sigma'_o = \gamma H$  ketika  $z = H$ . 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  $\gamma z_c K_a - 2c' / K_a = 0 \Rightarrow z_c = 2c' / \gamma K_a$



Gambar 4. Tekanan Aktif Rankine (Das, 2011)

Tekanan tanah aktif:

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

dengan :

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

Karena tegangan Tarik pada tanah menyebabkan retak sepanjang permukaan dinding tanah. Maka, dapat diketahui total gaya aktif *Rankine* sebelum *tensile crack* dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} P_a &= \int_0^H \sigma'_a dz \\ &= \int_0^H (\gamma z K_a - 2c' K_a) dz \\ P_a &= \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c' K_a H \end{aligned}$$

Dengan:

$\gamma$  = massa jenis tanah

$c'$  = nilai kohesi tanah

$K_a$  = koefisien tekanan aktif Rankine

### 2.7.2 Tekanan Tanah Pasif

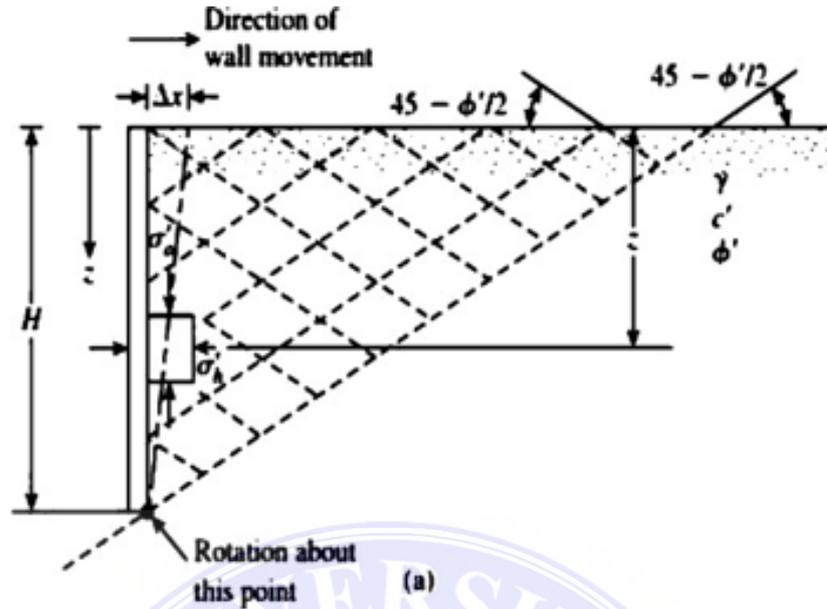
Gambar yang distribusikan dari tekanan pasif dapat dilihat pada gambar 5. Ketika nilai  $z = 0$ ,  $\sigma'_o = 0$  dan  $\sigma'_p = 2c' K_p$ . Dan ketika  $z = H$ ,  $\sigma'_o = \gamma H$  dan  $\sigma'_p = \gamma H + 2c' K_p$ . Maka, dapat diketahui total gaya pasif *Rankine* per satuan panjang dinding dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned} P_a &= \int_0^H (\gamma z + 2c' K_p) dz \\ &= \gamma L_1 K_a \end{aligned}$$

Dengan:

$\gamma$  = massa jenis tanah  $c'$  = nilai kohesi tanah

$K_a$  = koefisien tekanan pasif *Rankine*



Gambar 5. Tekanan pasif Rankine (Das, 2011)

Tegangan tanah pasif:

$$\sigma'_p = \sigma'_o K_p + 2c K_p$$

dengan:

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

## 2.8. Pentingnya Studi Tanah dalam Geoteknik

Studi tentang tanah dalam geoteknik mencakup berbagai metode pengujian laboratorium dan lapangan untuk menentukan sifat-sifat fisik dan mekanis tanah. Pengujian-pengujian ini antara lain:

### 1. Uji Saringan (*Sieve Analysis*)

Uji ini digunakan untuk menentukan distribusi ukuran butir tanah, yang membantu dalam klasifikasi tanah dan pemahaman tentang perilaku hidraulik dan mekanis tanah.

## 2. Uji Konsolidasi (*Consolidation Test*)

Uji ini mengukur kompresibilitas tanah dan menentukan karakteristik konsolidasi tanah, yang penting untuk prediksi penurunan tanah di bawah beban.

## 3. Uji Kekuatan Geser (*Shear Strength Test*)

Uji ini meliputi uji geser langsung (*direct shear test*), uji triaksial (*triaxial test*), dan uji tekanan tak terkonsolidasi (*unconfined compression test*). Hasil uji ini memberikan parameter kekuatan geser tanah yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng dan desain fondasi.

## 4. Uji Permeabilitas (*Permeability Test*)

Uji ini mengukur kemampuan tanah untuk mengalirkan air dan sangat penting dalam analisis drainase dan desain struktur penahan air seperti bendungan.

## 5. Uji Kepadatan Lapangan (*Field Density Test*)

Uji ini dilakukan di lapangan untuk menentukan kepadatan tanah yang terkompaksi dan memastikan bahwa kepadatan yang dicapai sesuai dengan spesifikasi desain.

## 2.9. Konsep Faktor Keamanan

Parameter yang diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng yaitu bentuk bidang keruntuhan dan factor keamanan (FK), sedangkan untuk menambah nilai kekuatan tanah maka lereng dapat diperkuat dengan perkuatantiang maupun dinding, sehingga lereng akan memperoleh nilai stabil. Factor keamanan berfungsi untuk mengetahui stabilitas lereng yang di analisis sebagai pembanding antara kuat

geser tanah (*shear strength*) dengan tegangan geser (*shear stress*) yang terjadi pada masa tanah.

Rumus untuk menghitung nilai factor suatu lereng dapat dilihat pada perumusan berikut ini :

$$Fk = \frac{\text{shear strength}}{\text{shear stress}}$$

Dimana :

1. Jika  $Fk > 1,5$  maka lereng stabil
2. Jika  $Fk < 1,5$  maka lereng tidak stabil
3. Jika  $Fk = 1,5$  maka lereng dalam kondisi kestabilan batas kritis

Persyaratan nilai factor keamanan berdasarkan SNI 8460:2017 untuk analisa kestabilan lereng tanah dapat dilihat pada Tabel 3 berdasarkan pada pertimbangan biaya dan resiko kelongsoran lereng terhadap tingkat ketidakpastian dari kondisi yang dianalisis

Tabel 3. Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	kondisi analisis	
	Rendah <sup>a</sup>	Tinggi <sup>b</sup>
Biaya perbandingan sebanding dengan biaya tambahan untuk mendesain lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk mendesain lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih

<sup>a</sup> = Tingkat ketidakpastian kondisi analisis di kategorikan rendah, apabila kondisi geologi dapat di pahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis dengan kondisi lapangan.

<sup>b</sup> = Tingkat ketidakpastian kondisi analisis di kategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.

Sedangkan pada lereng batuan persyaratan factor keamanan dapat dilihat pada Tabel dengan mempertimbangkan kondisi lereng batuan permanen dan sementara yang akan direncanakan. Lereng batuan perlu mempertimbangkan pengaruh dari air, yang dapat dilakukan dengan cara menurunkan muka air tanah dengan bor horizontal yang berfungsi sebagai penyalur untuk mengalirkan air keluar dari massa batuan, jika muka air tanah tinggi dan dilakukan penurunan muka air tanah pada massa batuan untuk menaikkan nilai factor keamanan.

Tabel 4. Rekomendasi nilai faktor keamanan untuk lereng

Kondisi lereng batuan	Rekomendasi nilai factor keamanan
Komdisi permanen	1,5
Kondisi sementara	1,3

### 2.10. Sheetpile

*Sheetpile* adalah suatu bahan konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah di sekelilingnya dan mencaegah terjadinya kelongsoran. Konstruksi dinding turap atau *sheetpile* terdiri dari beberapa lembar dari *sheetpile* yang ditancapkan ke dalam tanah sehingga membentuk struktur dinding vertikal yang membantu menahan timbunan tanah. Dinding *sheetpile* adalah dinding penahan tipis yang

sebagian besar dibangun untuk menahan tanah, air, atau material timbunan lainnya yang tersedia. Dinding ini sebagian besar menggunakan bagian-bagian prafabrikasi yang digetarkan atau ditancapkan dengan palu ke dalam tanah, dan bagian-bagian yang berdekatan dihubungkan untuk membentuk dinding penuh. *Steel sheetpile* umumnya digunakan, tetapi beton bertulang dan kayu juga dapat digunakan.

### 2.10.1 Tipe – Tipe *Sheetpile*

Berdasarkan bahannya, sheet pile dikategorikan menjadi berikut:

#### 1. *Steel sheetpile*

*Steel sheetpile* atau *sheetpile* baja adalah yang paling umum digunakan karena kekuatannya yang tinggi dan kemampuannya untuk dipasang dalam berbagai kondisi tanah. Bentuknya biasanya berupa profil Z, U, atau straight web. *Steel sheetpile* memiliki keuntungan karena dapat digunakan pada kedalaman yang lebih dalam. Susunan *Steel sheetpile* yang saling mengunci secara terus-menerus memberikan kekuatan dan kekakuan pada struktur yang ditopang. Karena dinding yang dibangun dari *Steel sheetpile* yang digerakkan dengan benar sangat sedikit mengalami kebocoran, *Steel sheetpile* menguntungkan dalam konstruksi bendungan penahan air yang dalam. *Steel sheetpile* ini umumnya digunakan dalam pekerjaan pertahanan pantai yang rentan terhadap aksi pasang surut. Untuk bentuk dari *Steel sheetpile* dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini, bentuk dari *Steel sheetpile* profil U yang paling umum di gunakan dalam konstruksi yang berhubungan langsung dengan air.



Gambar 6. *Steel sheetpile* tipe U (Dokumentasi proyek, 2023)

## 2. *Vinyl Sheetpile*

*Vinyl sheetpile* juga dikenal sebagai PVC atau plastic *sheetpile*, tetapi juga dikenal sebagai *sheetpile* sintesis pada gambar 7. Salah satu keuntungan utama dari *vinyl sheetpile* adalah ketahanannya terhadap korosi, faktor atmosfer, dan biologis, yang memungkinkannya berfungsi hingga 50 tahun.



Gambar 7. *Vinyl Sheetpile*

### 3. Concrete sheetpile

*sheetpile* beton umumnya *precast* atau pracetak, *sheetpile* ini memiliki penampang persegi atau persegi panjang dan ditancapkan untuk membentuk dinding yang berkesinambungan. Sambungan lidah dan alur umumnya digunakan untuk menciptakan *interlock* antara dua *sheetpile*. Dalam kebanyakan kasus, sambungan lidah dan alur membentang di sepanjang tiang pancang. Untuk *sheetpile* beton dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. *Sheetpile* Beton (Adhimixpciindonesi, 2019)

### 4. Wooden Sheetpile

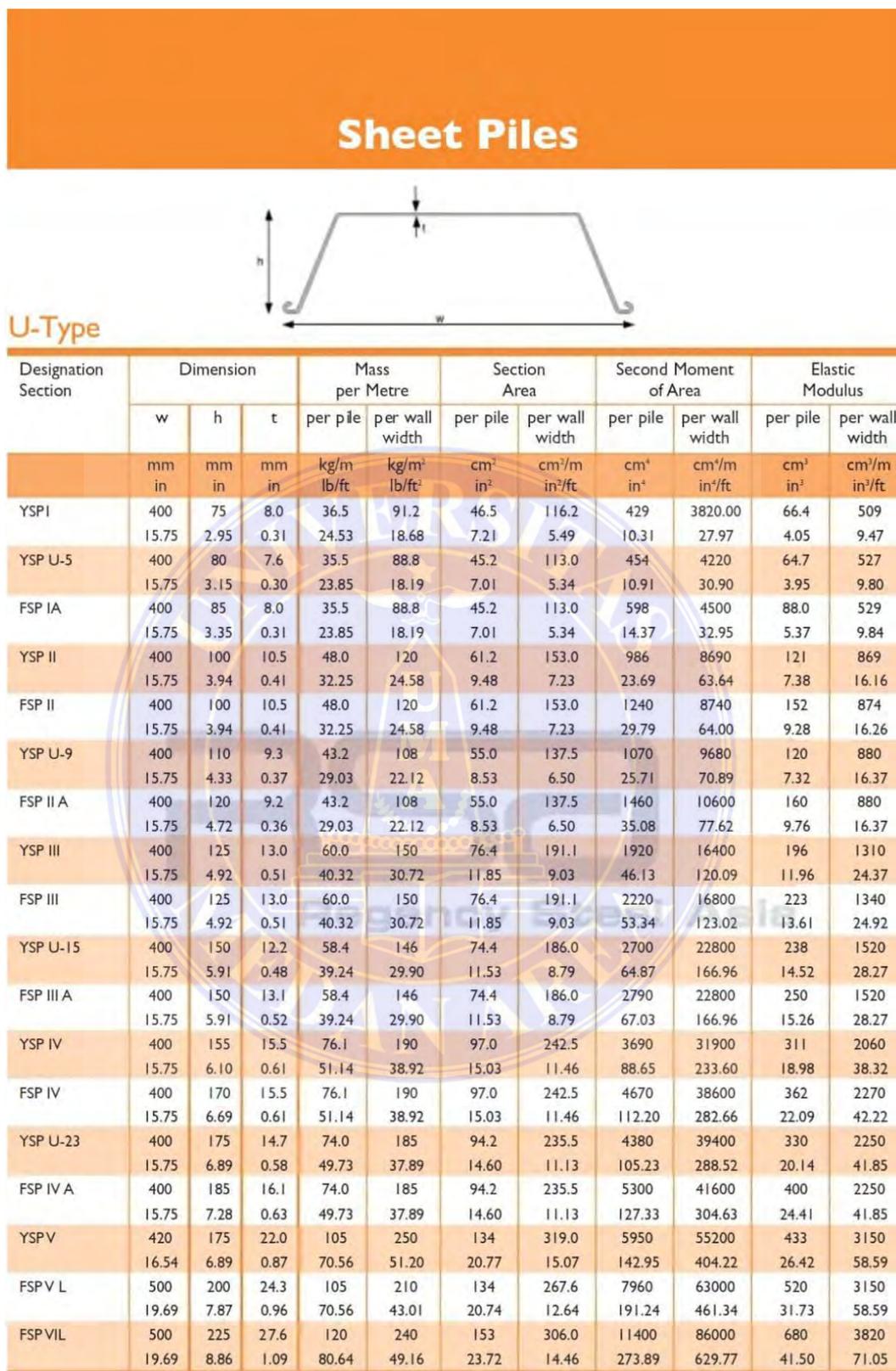
Penggunaan kayu untuk *sheetpile* ini biasanya hanya digunakan sebagai dinding penahan tanah sementara. Karena sifat kayu yang mudah rapuh, patah dan membusuk menjadikan jenis *sheetpile* dari kayu ini tidak diproduksi oleh pabrik, melainkan bisa mengambil langsung dari lingkungan sekitar. Untuk contoh dari *sheetpile* kayu dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. *Sheetpile* Kayu (Mutuutamageoteknik, 2023)

### 2.10.2 Profil dari *Sheetpile*

*Steel sheetpile* sangat baik digunakan dalam konstruksi karena daya tahannya terhadap tegangan sangat tinggi selama penyorongan ke dalam tanah yang keras. Dalam perencanaan di sebuah konstruksi pemilihan profil dari *sheetpile* sangat diperlukan demi keamanan dari sebuah konstruksi, oleh karenanya pada gambar 10 dibawah menampilkan profil bentuk dari *sheetpile* yang umumnya dijadikan acuan sebelum melaksanakan proyek ataupun konstruksi guna mendapatkan ukuran maupun dimensi yang tepat dalam perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 10. Profil Sheetpile

### 2.10.3 Pengaruh Penggunaan *Sheetpile*

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan *sheetpile* pada proyek-proyek serupa memberikan hasil yang memuaskan. Menurut penelitian oleh Wijaya et al. (2019), penggunaan *sheetpile* pada proyek pengamanan pantai mampu meningkatkan stabilitas lereng dan mengurangi laju erosi secara signifikan. Studi lain oleh Sari et al. (2020) menunjukkan bahwa *sheetpile* efektif dalam menahan tekanan tanah lateral pada proyek pengamanan tebing sungai. Selain itu, faktor lingkungan seperti fluktuasi muka air danau, kondisi tanah di lokasi proyek, serta beban dinamis akibat aktivitas seismik menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan *retaining wall* di Danau Toba. Menurut penelitian oleh Hartono et al. (2018), perencanaan yang memperhatikan kondisi geoteknik dan hidrologi secara komprehensif mampu meningkatkan umur layan struktur serta mengurangi risiko kerusakan.

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*. 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).

Secara umum optimasi berarti upaya untuk meningkatkan, sehingga mempunyai kualitas yang baik dan tinggi. Optimasi hampir dapat digunakan dalam berbagai bidang untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dari target yang diinginkan. Tujuan dari adanya optimasi adalah untuk mencapai hasil yang ideal atau terbaik sesuai dengan kriteria tertentu. Dalam pengertian dinding penahan tanah yang terbuat dari *Steel Sheetpile*, optimasi dapat digunakan untuk mencari solusi terbaik dalam desain dan konstruksi dinding tersebut. Misalnya, optimasi dapat digunakan untuk memilih bahan yang tepat, memilih metode instalasi yang efisien, atau memilih posisi instalasi yang optimal. Ini akan membantu dalam pemilihan desain dan konstruksi dinding penahan tanah yang tepat dan efisien.

#### **2.10.4 *Steel Shetpile* sebagai Alternatif Konstruksi**

*Steel sheetpile* adalah bahan konstruksi yang berbentuk lembaran yang digunakan untuk menahan tanah dan menahan masuknya air ke dalam galian tanah. Baja adalah material yang paling umum digunakan untuk *Sheetpile*. *Steel Sheetpile* dapat digunakan untuk menahan tanah yang tinggi dan memiliki kekuatan yang tinggi pula. Cara kerja *Steel Sheetpile* melibatkan pemancangan lembaran baja yang terhubung satu sama lain, yang memiliki interlock yang sangat efektif untuk menahan tekanan lateral tanah dan menghindari masuknya air ke dalam galian tanah. Proses pemancangan *Steel Sheetpile* melibatkan persiapan lokasi, persiapan alat pemancang, pemasangan angkur *Sheetpile*, dan proses pancang *Sheetpile*.

#### **2.10.5 Kelebihan dan Keterbatasan *Steel Sheetpile***

*Steel sheetpile* memiliki beberapa keunggulan, seperti stabilitas dan kekuatan yang tinggi, kualitas yang terjamin, struktur yang kedap air yang sangat

efektif, dapat digunakan kembali dan didaur ulang, memiliki etos *reuse-recycle-reduce* yang lebih ramah lingkungan, dan pemasangan yang mudah dan biaya yang relatif murah. Berbeda halnya dengan *Sheetpile* beton yang terbuat dari beton prategang, dirancang dengan tulangan untuk menahan beban yang bekerja saat pengangkatannya . Digunakan untuk konstruksi berat dan permanen, dan memiliki beberapa kelebihan, seperti dapat dipertanggungjawabkan karena merupakan hasil produksi dari pabrik, bisa diaplikasikan di tanah yang lunak dan tak berbatu, memiliki nilai estetika yang lebih tinggi dibanding *Sheetpile* lainnya, sehingga cocok diaplikasikan di pantai yang merupakan tempat hiburan, dan memiliki kualitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

Keterbatasan ataupun kelemahan dalam menggunakan *Steel Sheetpile* dibandingkan dengan yang lainnya antara lain:

1. Harga, *steel sheetpile* dapat lebih tinggi dibandingkan *Sheetpile* lainnya.
2. Berat, *steel sheetpile* lebih berat karena terbuat baja kelas tinggi
3. Kekuatan, *steel sheetpile* tidak cocok untuk tanah yang memiliki banyak batuan karena akan ada kendala dalam proses pemancangan *Steel Sheetpile*
4. Kemampuan menahan tanah dari *steel sheetpile* tidak terlalu tinggi karena luas penampang yang tidak terlalu besar

## 2.11. Metode Analisis Stabilitas Lereng Fellenius

Fellenius (1927) memperkenalkan Metode Fellenius (*Ordinary Method of Slice*) yang di dasarnya pada gaya yang memiliki sudut kemiringan sejajar dengan irisan, menghitung faktor keamanan dilakukan menggunakan prinsip keseimbangan momen. Fellenius mengemukakan asumsinya yaitu bahwa keruntuhan terjadi melalui perputaran sebidang tanah pada permukaan tanah longsor membentuk

lingkaran dimana titik O menjadi pusat rotasi. Gaya normal P dianggap bekerja pada tengah-tengah slice/potongan pada metode ini. Resultan dari gaya-gaya yang terjadi antar irisan pada setiap irisan di asumsikan memiliki nilai sama dengan nol yaitu berarti resultan gaya-gaya yang terjadi antar irisan di abaikan. Jadi metode ini mengasumsikan dengan jumlah:

1. Posisi gaya normal P terletak di tengah pada tiap irisan : n
2. Resultan gaya antar irisan memiliki nilai nol : n-1
3. Total : 2n-1

Berdasarkan asumsi diatas, maka dapat diperoleh nilai faktor keamanan dengan pengujian persamaan keseimbangan momen pada setiap irisan terhadap titik pusat rotasi. Analisis lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis dapat menggunakan Metode Fellenius. Massa tanah yang bergerak di asumsikan tersusun dari beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat dianggap tidak sama sehingga busur pada dasar elemen dapat dianggap sebagai garis lurus.

Tekanan air pori akan bekerja di bagian bawah elemen yang berada di bawah air jika lereng terendam air atau permukaan air tanah yang berada di atas kaki lereng. Pada kondisi ini harus di hitung tahanan geser efektif, sedangkan gaya yang menjadi penyebab tetap di hitung secara total, sehingga formulasinya menjadi:

$$FK = \frac{\sum [c.l + W \cos a - u.l] \tan \phi}{\sum (W \sin a)}$$

Dimana

C = kohesi tanah bidang gelincir

W = berat irisan

l = panjang busur pada bidang gelincir

u = tinggi bidang gelincir

## 2.12. *Retaining Wall*

*Retaining wall* atau dinding penahan terbuat dari berbagai bahan seperti beton ada juga yang menggunakan baja. *Retaining wall* yang terbuat dari *steel sheetpile* adalah sebuah konstruksi yang digunakan untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring. Menurut Tanjung (2016), dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring. Tanah yang tertahan memberikan dorongan aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser. *Retaining wall* 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.

Dinding penahan tanah dan pengaman sempadan mungkin akan dibangun dengan bahan yang sama, seperti *sheetpile*, yang merupakan bahan bangunan yang sering digunakan untuk membangun jembatan, jalan, dan lain-lain. Dalam konteks penulisan ini, material yang digunakan dalam berupa *steel sheetpile*. *Steel sheetpile* merupakan bahan yang biasanya digunakan dalam pembangunan konstruksi penahan tanah di lereng ataupun bangunan-bangunan di pelabuhan seperti dinding dermaga atau bendungan. Cara kerjanya adalah dengan menanamkan *steel sheetpile* yang berbentuk lembaran tersebut ke dalam tanah. Keuntungan dari *steel sheetpile* ini biasanya dijamin mutu dan keamanannya karena buatan pabrik atau pracetak. Namun dalam keadaan tertentu penggunaan *steel sheetpile* ini sulit untuk dilakukan seperti pada lokasi tanah yang memiliki banyak bebatuan dan juga dikarenakan terbuat dari bahan baja maka akan ada proses korosi dari *steel sheetpile*.

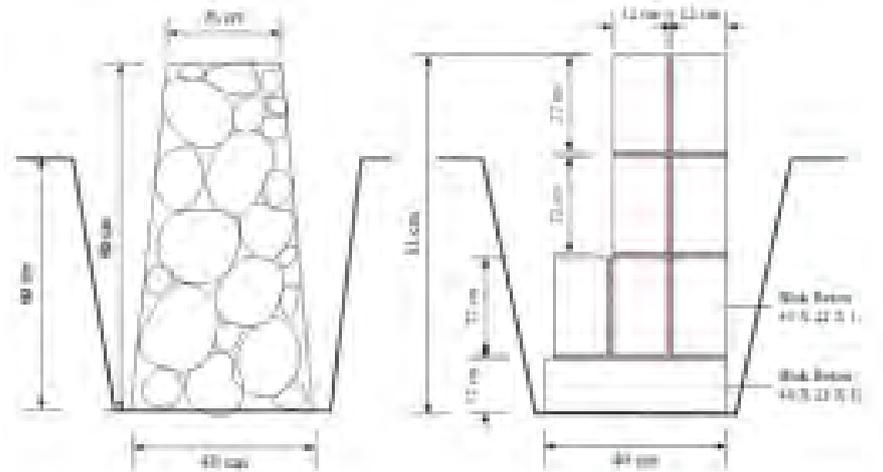
*Steel sheetpile* adalah bahan yang dibuat dari profil baja yang saling terkait, dan proses instalasinya bisa menggunakan alat seperti *hydraulic jack*, *vibro hammer*, atau *diesel hammer*. *Steel sheetpile* digunakan sebagai material penahan tanah, baik sementara atau permanen, dan berfungsi untuk menahan tanah agar tidak longsor akibat tekanan horizontal. Ini merupakan salah satu jenis bahan tegak lurus yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik, dan sering digunakan dalam berbagai proyek infrastruktur di Indonesia.

### 2.12.1 Jenis Jenis *Retaining Wall*

Ada beberapa jenis *retaining wall* yang dibedakan berdasarkan fungsi, kebutuhan, dan material bangunan yang digunakan. Berikut jenis jenis dari *retaining wall* Faktor- Fsktor yang Mempengaruhi Stabilitas

#### 1. Blok Beton

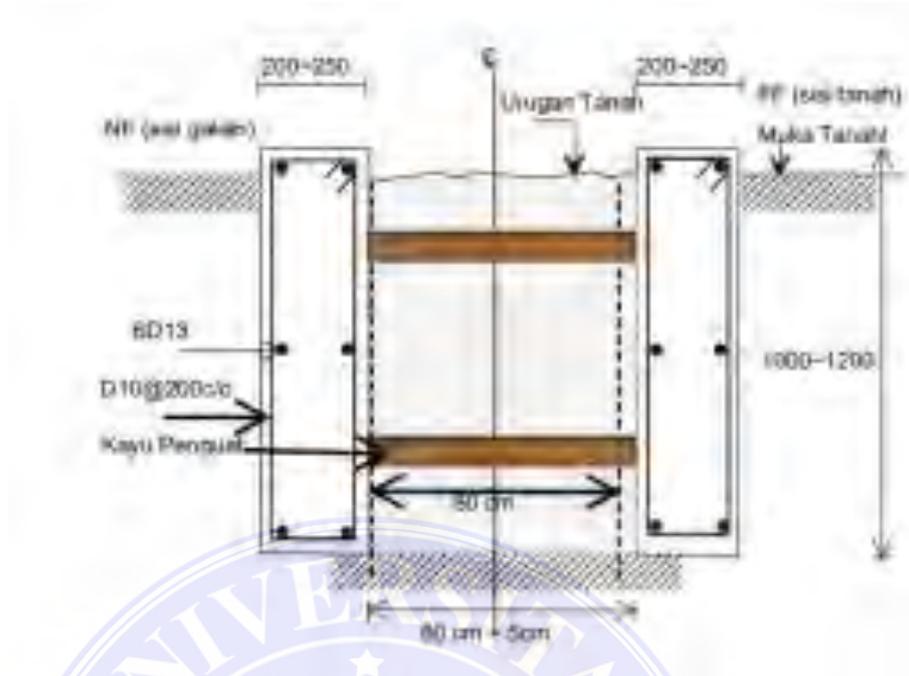
Ada *retaining wall* jenis *block concrete* atau blok beton. *Retaining wall* jenis ini adalah dinding dari blok-blok beton masif yang disusun secara vertikal dan dilengkapi dengan sistem pengunci. Cara membuat dinding penahan seperti ini adalah dengan memanfaatkan sistem pengunci antarblok agar tidak ada beton yang bergeser saat proses pemasangan berlangsung. Ciri khas dinding penahan satu ini bisa Anda lihat dari bentuk konstruksinya yang menyerupai model telapak memanjang pada bagian dasar struktur dengan sistem jepit. Dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini bentuk rencana dari blok beton



Gambar 11. Blok beton (Nuryanto, 2022)

## 2. Diaphragm Wall

Berikutnya jenis dari *retaining wall* yang bisa temukan dengan mudah pada sejumlah bangunan bertingkat di Indonesia yang memanfaatkan area bawah tanah (*basement*). Biasanya, pemanfaatan area bawah tanah ini digunakan untuk lahan parkir atau gudang penyimpanan. Jenis dinding penahan yang biasanya digunakan untuk konstruksi seperti ini adalah *diaphragm wall*. Cara membuat dinding penahan jenis *diaphragm wall* adalah dengan menggali tanah sesuai kebutuhan. Setelah itu, buatlah rangka berdasarkan hasil cor besi beton bertulang untuk dinding *basementnya*. Selain mampu menopang tanah agar tidak masuk ke area *basement*, *diaphragm wall* juga memiliki fungsi pengeringan air atau biasa disebut *dewatering*. Untuk contoh dari *diaphragm wall* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 12. Diaphragm wall (Irvanda, 2023)

### 3. Sheetpile

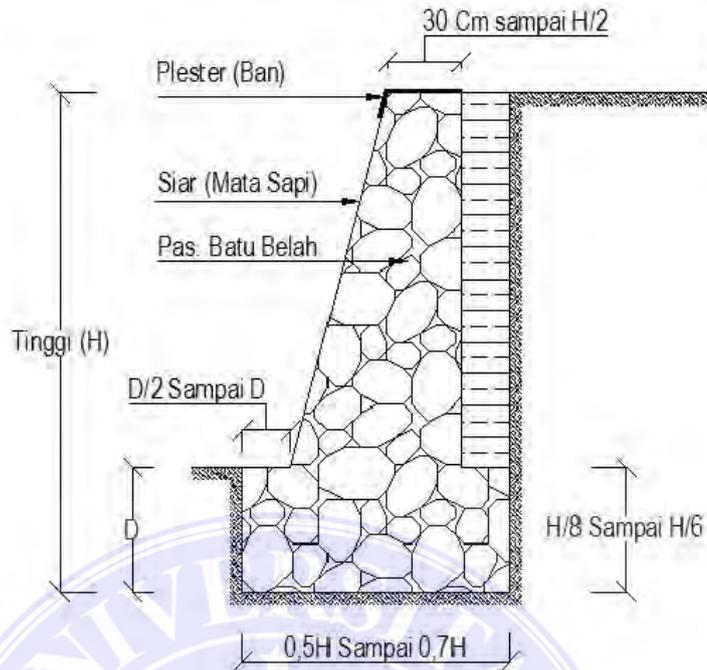
*Sheetpile* yang merupakan dinding penahan untuk daerah pinggiran air. Sheet pile berfungsi sebagai dam atau bendungan air. Fungsi utamanya adalah untuk menahan tanah di pinggiran air dalam dam atau bendungan. Metode pelaksanaan konstruksi dinding penahan tanah satu ini adalah dengan memanfaatkan material beton prategang atau *prestressed concrete*. Untuk gambar dari *sheetpile* dapat dilihat pada gambar 13 dibawah ini



Gambar 13. *Sheetpile* (Dokumentasi proyek, 2024)

#### 4. *Gravity Retaining Wall*

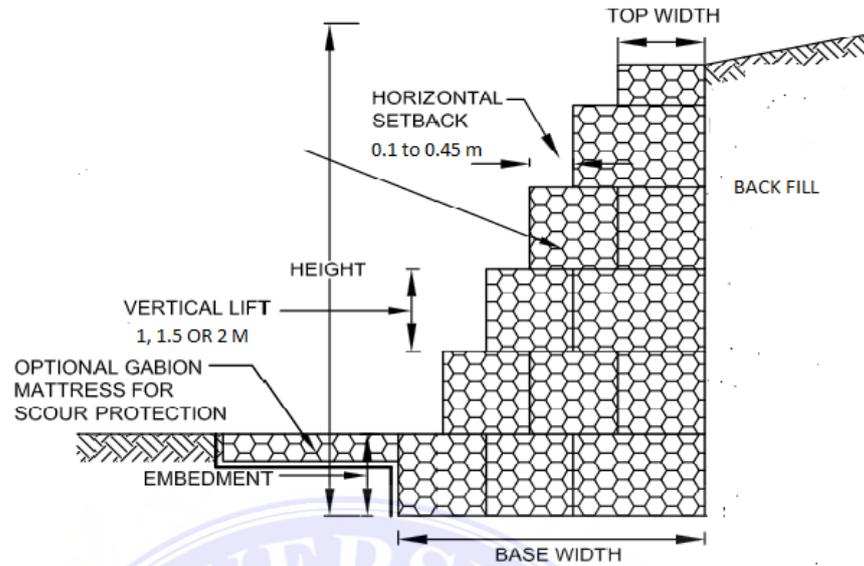
Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan *temperature* (Tanjung, 2016). *Gravity retaining wall* adalah jenis dinding penahan tanah yang terbuat dari sejumlah bongkahan batu atau tulang beton (*reinforced concrete*). Jenis retaining wall satu ini memiliki desain cukup unik mengingat fungsi penopang tanah lateralnya menggunakan bobot massa dari bentuk badan konstruksi dinding itu sendiri. Biasanya, *gravity retaining wall* paling cocok digunakan untuk area timbunan tanah atau tebing yang landai. Gambar 14 merupakan bentuk dari *Retaining wall* jenis *gravity retaining*.



Gambar 14. Gravity retaining wall (Hardiyatmo, 2014)

#### 5. Gabion Retaining Wall

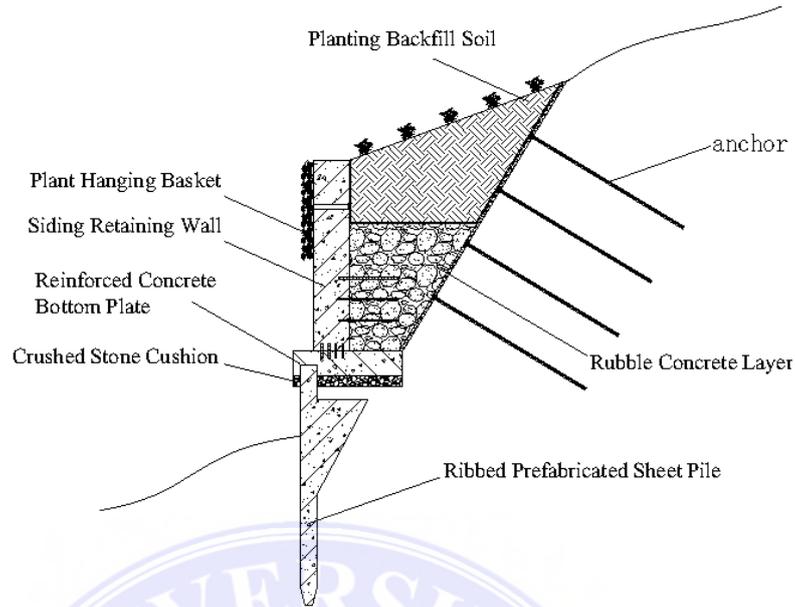
Retaining wall jenis gabion ini terbuat dari kawat bronjong sebagai material utamanya. Maka dari itu, *gabion retaining wall* terkadang disebut juga dengan tembok bronjong. Tembok bronjong terdiri dari sekumpulan blok yang terbuat dari kawat bronjong berisikan batu-batu yang sudah terbelah. Batu-batuan inilah yang menjadi komponen utama sekaligus sumber penahan dalam *gabion retaining wall*. Penggunaan batu-batuan ini juga memudahkan resapan air untuk masuk ke dalam tanah. Untuk gambar dari *gabion retaining wall* dapat dilihat pada gambar 15 dibawah ini.



Gambar 15. *Gabion retaining wall* (Ganesh, 2019)

#### 6. *Revetment retaining wall*

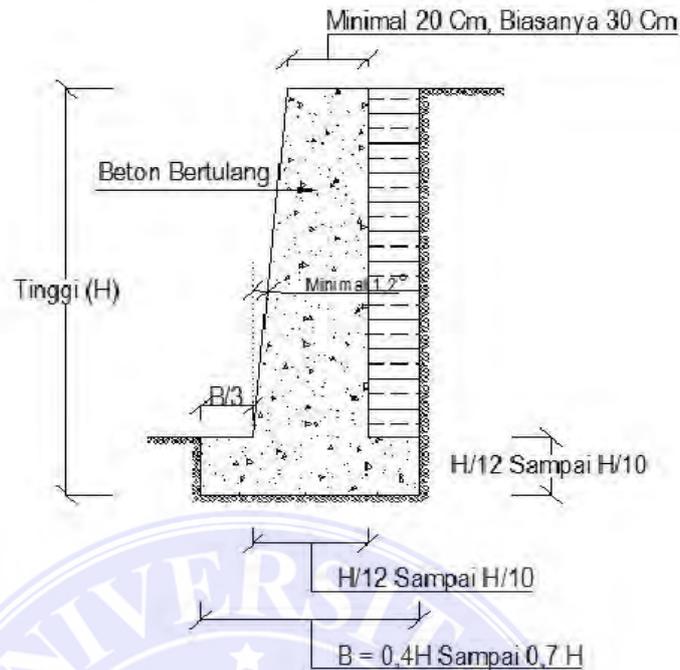
*Revetment retaining wall* adalah jenis dinding penahan yang sering digunakan untuk menahan tanah di area pinggir pantai atau tepi sungai. Jenis dinding penahan satu ini bertujuan untuk memperkuat tanah pada lahan miring di pinggiran pantai atau sungai. Selain itu, model *retaining wall* seperti *revetment* ini mampu melindungi tanah dari gerusan atau longsor akibat abrasi. Gambar 16 merupakan bentuk dari *Retaining wall* jenis *revetment retaining wall*.



Gambar 16. *Revetment retaining wall*

### 7. *Cantilever Retaining Wall*

Selanjutnya, ada *cantilever retaining wall*. Jenis dinding penahan model ini biasanya digunakan pada daerah timbunan atau tebing. *Cantilever retaining wall* idealnya bekerja dengan mengendalikan daya jepit dalam struktur tubuh dindingnya. Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertikal (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter (Tanjung, 2016). Pada gambar 17 dapat dilihat bentuk dari *retaining wall* jenis *cantilever*.



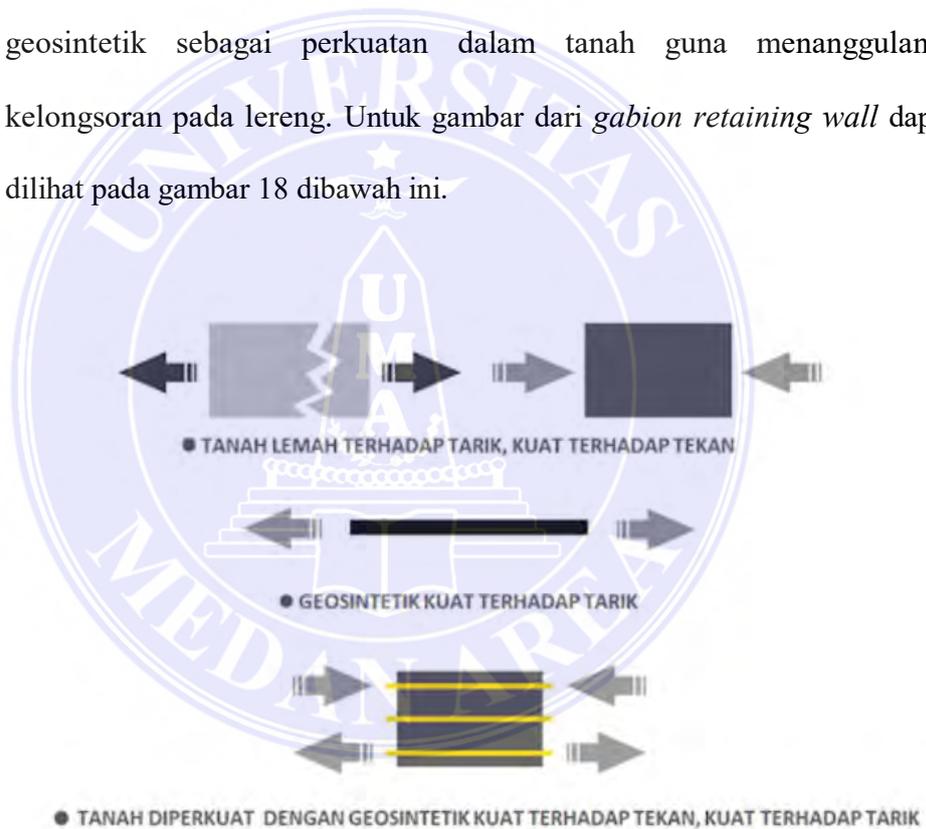
Gambar 17. *Cantilever Retaining Wall* (Hardiyatmo, 2014)

#### 8. *Contiguous Pile dan Soldier Pile*

*Retaining wall jenis soldier pile dan contiguous pile* adalah konstruksi dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tekanan lateral tanah aktif pada area bawah tanah atau *basement*, sama seperti *diaphragm wall*. *Soldier pile* biasanya dikombinasikan juga dengan sistem *anchor*. Tujuannya adalah sebagai pemutus aliran air bawah tanah sekaligus menambah daya dukung terhadap tekanan aktif lateral tanah. *Continuous pile* dibuat secara *in-situ* dengan rangkaian besi beton bertulang maupun profil baja. Terkadang, pemasangannya juga dikombinasikan dengan *bentonit* dan dirangkai membentuk dinding penahan yang padat.

### 9. Geosynthetic Retaining Wall

Material geosintetik yang digunakan adalah material geosintetik yang memiliki kuat tarik tinggi dan elongasi yang rendah. Prinsip kerja material geosintetik pada struktur perkuatan adalah seperti halnya aplikasi besi beton pada konstruksi beton bertulang, dimana gaya tarik yang dimiliki geosintetik berfungsi untuk menanggulangi gaya yang menyebabkan kelongsoran. Ilustrasi berikut menggambarkan prinsip kerja material geosintetik sebagai perkuatan dalam tanah guna menanggulangi kelongsoran pada lereng. Untuk gambar dari *gabion retaining wall* dapat dilihat pada gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18. *Geosynthetic Retaining Wall* (geosindo, 2022)

### 2.13. Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas

Pada prinsipnya dinding penahan tanah menerima gaya gaya berupa momen guling, gaya berat sendiri, gaya lateral air, gaya lateral tanah aktif – pasif, gaya gelincir dan gaya angkat. Selain itu kedalaman penggalian juga menjadi faktor penting dalam konstruksi dinding penahan tanah. Berdasarkan pengertian dan prinsipnya, faktor yang mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah adalah sebagai berikut:

1. Tekanan Tanah Aktif

Merupakan gaya yang berlangsung dari tanah ke dinding penahan tanah, yang bertujuan untuk menghindari kerusakan dan memastikan stabilitas dinding penahan tanah yang dapat dianalisis secara manual atau dengan menggunakan alat bantu *software* seperti Plaxis.

2. Gaya Lateral

Sama halnya dengan tekanan tanah aktif, gaya lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah mengakibatkan momen yang menimbulkan gaya doron, yang diteruskan ke bidang kontak antara tanah dasar pondasi.

3. Kapasitas Daya Dukung

Mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah yang dibutuhkan untuk mendukung beban pondasi

4. Sifat Tanah

Sifat tanah, seperti lapisan tanah, aliran rembesan air dalam tanah, dan perbedaan sifat dari masing-masing lapisan tanah, dapat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah

## 5. Perkuatan Alternatif

Perkuatan alternatif yang dimaksud seperti dinding penahan tanah kantilever dan geotekstil, dapat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah.

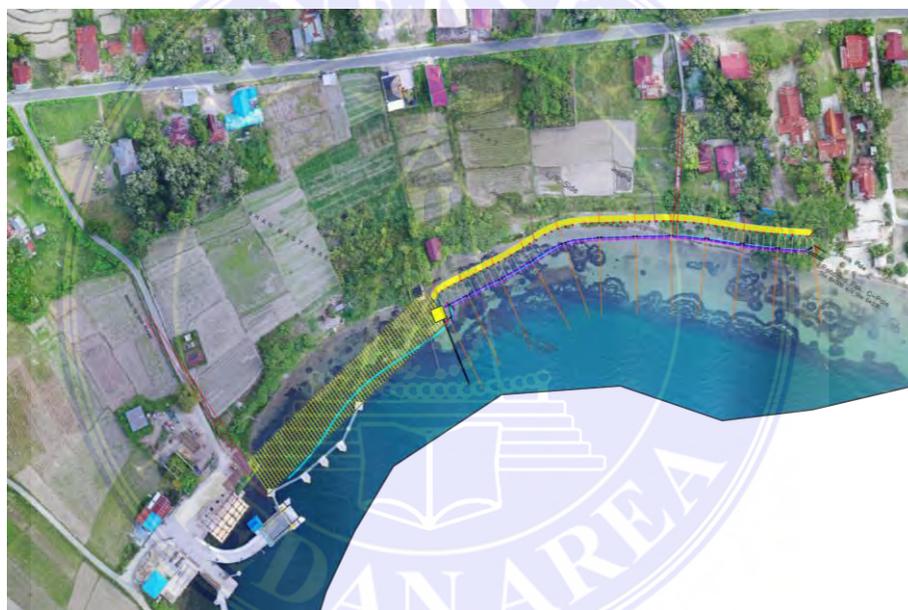


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Konstruksi Pengaman Sempadan Danau Toba. Berlokasi di Desa Sipinging, Kec. Nainggolan, Kabupaten Samosir, Provinsi Sumatera Utara. Berikut adalah gambar lokasi penelitian yang diambil menggunakan *drone*.



Gambar 19. Lokasi Penelitian (Dokumen proyek, 2024)

#### 3.2 Kondisi Tanah

Dari hasil pengujian sondir dan SPT di lapangan dapat disimpulkan bahwa profil geologi lapisan tanah pada lokasi tersebut relative tidak seragam, karena elevasi lapisan tanah keras bervariasi dengan perbedaan yang sangat signifikan.

Dari hasil *drilling log* yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa tanah keras dapat ditemui pada kedalaman 16,45 m. Lapisan tanah (Profil Geologi) pada lokasi tersebut, secara umum terdapat 4 lapisan jenis tanah, yaitu

1. Lapisan pertama adalah lapisan pasir bercampur batu apung dengan kepadatan Sedang dan konsistensi setengah lepas/*medium*.
2. Lapisan kedua adalah lapisan pasir lepas dengan kepadatan rendah dan konsistensi lepas/*loose*.
3. Lapisan ketiga adalah lapisan pasir kelempungan dengan kepadatan rendah dan konsistensi lepas/*loose*.
4. Lapisan keempat adalah lapisan pasir sedang dan halus dengan kepadatan tinggi ke sangat tinggi dan konsistensi padat ke sangat padat/*dense to very dense*

Dengan data tanah yang diperoleh merupakan data hasil pengujian lapangan berupa hasil data sondir dan *drilling log*. Adapun data hasil pengujian tanah yang di peroleh pada pengujian sondir dengan hasil nilai qc maksimalnya pada Tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Hasil uji sondir (Analisis peneliti, 2024)

Test no.	Kedalaman (m)	Cone Resistant Max (Kg/cm <sup>2</sup> )	Total Skin Friction Max (Kg/cm)
1	15,80	206	508
2	14,80	205	664
3	15,60	210	624
4	15,20	205	910

Uji tanah berikutnya yaitu pengujian *drilling log* dengan hasil kedalaman maksimal berada pada tanah pasir sedang halus dengan warna abu-abu dan kepadatan tinggi yang berarti merupakan tanah kohesif, yaitu BH-01 dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Tebal lapisan tanah hasil uji *drilling log* (Analisis peneliti, 2024)

Lap.	Kedalaman (m)	Tebal Lap. (m)	Jenis Tanah
1	1,60	1,60	Pasir bercampur batu apung
2	5,75	4,15	Pasir sedang halus
3	6,45	0,70	Pasir sedikit lempung
4	11,20	4,75	Pasir sedang halus
5	13,65	2,45	Pasir sedang
6	16,45	2,80	Pasir sedang halus

Dengan data data tanah yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium pengujian tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 7. Parameter tanah hasil pengujian laboratorium

Pengujian Lab	Hasil
Berat isi $\gamma$	16 KN/m <sup>3</sup>
Kadar air W	35,12 %
Batas cair LL	58,23 %
Batas plastis PL	24,58 %
Indeks plastisitas	33,65 %
Sudut geser	23°
Kohesi Tanah (C)	0,261

. Nilai N yang diperoleh dari uji SPT di lapangan, sebelum digunakan dalam hitungan hitungan perlu diadakan koreksi terlebih dahulu, jika tanahnya mengandung pasir halus atau pasir berlanau yang terletak di bawah muka air tanah, sebelum nilai N digunakan dalam hitungan kapasitas dukung, nilainya harusnya direduksi menjadi :

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15)$$

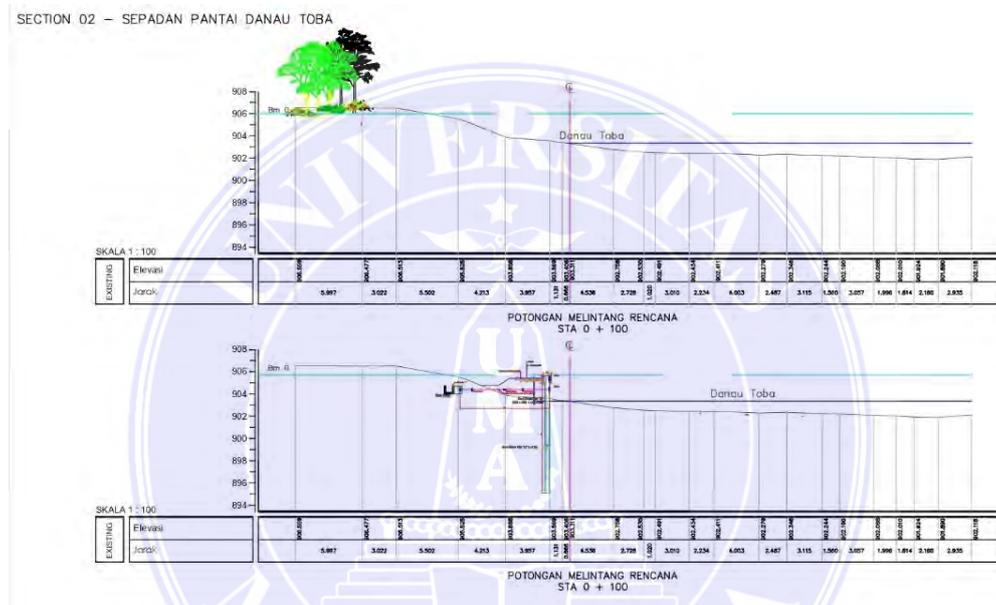
Dengan N' adalah nilai N tercatat dari hasil uji di lapangan. Koreksi ini diberikan karena tanah yang mengandung butiran halus akan mampat pada jumlah pukulan kira-kira 15. Perubahan volume akibat terlalu banyaknya pukulan menimbulkan tekanan air pori yang tinggi sehingga mengakibatkan kenaikan jumlah pukulan. Dari hasil pengujian lapangan diperoleh nilai N dari hasil SPT setiap interval 2,00 m s/d kedalaman 16,65 m seperti diuraikan dalam tabel 8 di bawah ini .

Tabel 8. Hasil pengujian SPT (Analisis peneliti, 2024)

Kedalaman	SPT
2.00-2.45	10
4.00-4.45	10
6.00-6.65	3
8.00-8.65	4
10.00-10.65	5
12.00-12.65	52
14.00-16.65	52

### 3.3 Rencana Retaining Wall

Pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba akan dibangun dinding penahan tanah atau *retaining wall* yang menggunakan *sheetpile*. Berikut ini adalah gambar rencana dari konstruksi pengaman sempadan Danau Toba yang dapat dilihat pada gambar.



Gambar 20. Potongan melintang rencana (Dokumen proyek, 2024)

### 3.4 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.

### 3.5 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 profil dimensi dari *sheetpile* yang digunakan dalam konstruksi pengaman sempadan Danau Toba.

Untuk mencapai tujuan, 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. Monodon Pilar Nusantara

#### 3. Tahap Ketiga

Melakukan analisis sesuai dengan data-data yang diperoleh PT. Monodon Pilar Nusantara 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 dimensi dari *sheetpile* yang digunakan dalam konstruksi pengaman sempadan Danau Toba yang didapat dari referensi jurnal.

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan:

#### 1. Metode Observasi

Metode observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan untuk mengamati secara cermat di lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi yang terjadi dan untuk membuktikan kebenaran desain. Data yang berhubungan dengan data teknis proyek dan kolom diperoleh langsung dari lokasi Konstruksi Pengaman Sempadan Toba.

#### 2. Pengambilan Data

Pengambilan data langsung dari proyek, adapun data yang diambil meliputi:

- a. Gambar kerja (denah, potongan, detail-detail)
- b. Data laboratorium

### 3.7 Sumber Data

Adapun sumber data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Data Primer

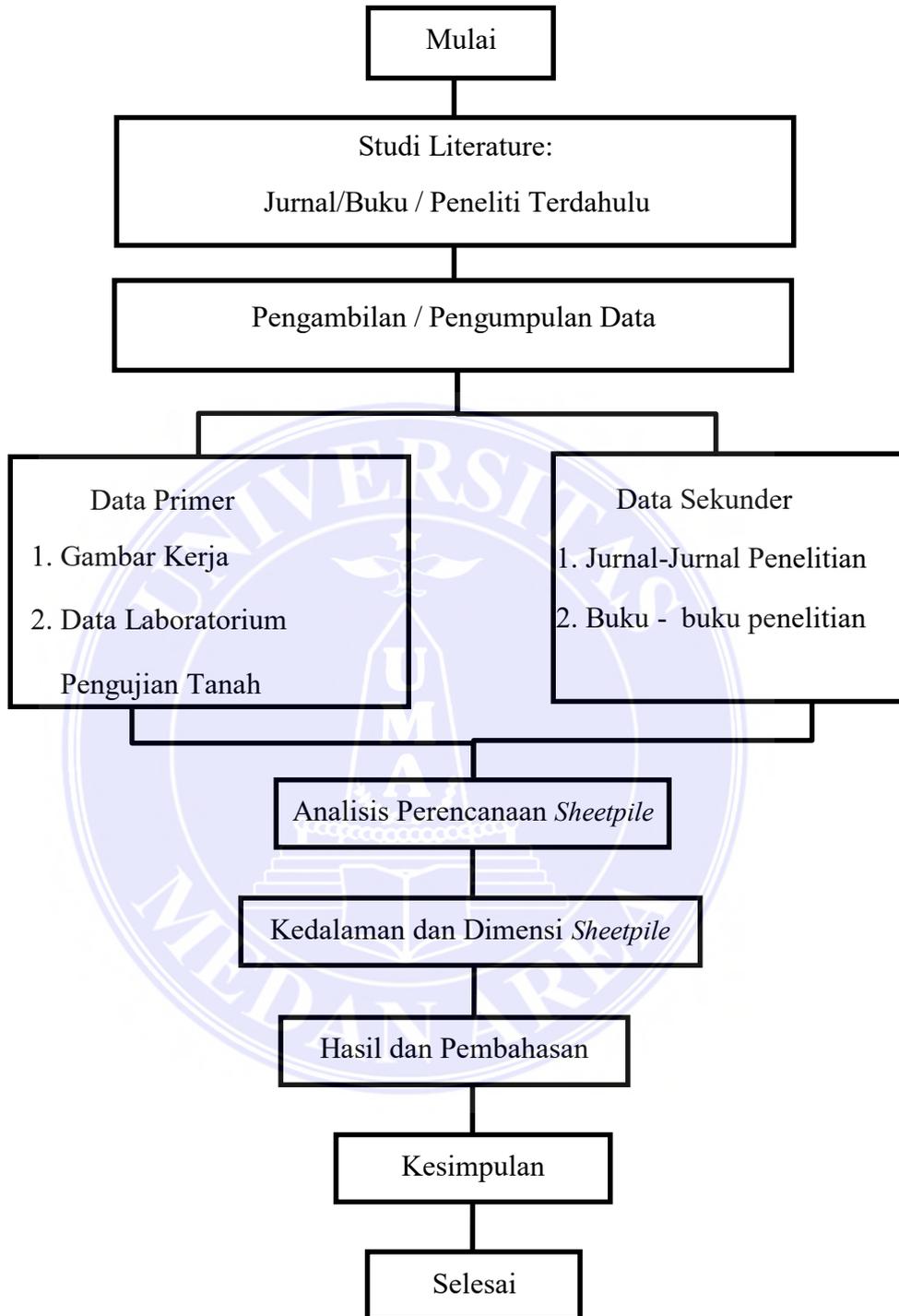
Data yang didapat langsung dari lapangan, yang dijadikan data dasar atau dapat pula dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survei wawancara kepadapihak owner, kontraktor maupun konsultan.

## 2. Data Sekunder

Data yang didapat penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya seperti deskripsi bangunan dan lainnya.



### 3.8 Kerangka Berfikir Penelitian



Gambar 21. Kerangka Berpikir (Peneliti, 2024)

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman dari *sheetpile* yang tertanam adalah 10,42 m dan dengan hasil dari perhitungan  $M_{max}$  dan juga yang lainnya diperoleh nilai dari luas penampang perlebar dari *sheetpile* sebesar 241,868 cm<sup>3</sup>. Maka digunakanlah profil *sheetpile* U dengan tipe FSP III A dengan panjang 14 m yang berukuran W (width) = 400mm, H (height) = 150mm, dan T (thickness)=13,1m sesuai dengan ketentuan yang ada dari tabel profil *sheetpile*.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis, penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Pada saat perhitungan menggunakan metode *Rankine* dibutuhkan data-data pengujian yang lengkap sehingga disarankan agar pengujian laboratorium dilakukan selengkap mungkin disetiap lapisan tanah, sehingga didapatkan data lapangan yang lebih akurat.
2. Dalam perhitungan tekanan tanah metode coulomb lebih disarankan pada kondisi jenis tanah yang tidak seragam.
3. Dalam perencanaan *retaining wall* yang menggunakan *sheetpile* di Danau Toba di perlukan analisis yang mendalam dan ketelitian sehingga tidak terjadinya kesalahan-kesalahan fatal yang dapat mengancam nyawa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K., Widodo, T., & Fauzi, M. (2021). "Dynamic Loading Analysis of Retaining Walls in Seismic Regions." *Journal of Structural Engineering and Mechanics*, 29(1), 50-67.
- Bowles, J. E. (2015). Bearing Capacity of Foundations. In *Foundation Analysis and Design* (hal. 213–249).
- Das B. M., and Sobhan K. (2016), *Principles of Geotechnical Engineering Eight Edition*, Boston: Cengage Learning.
- Dermawan, Agus, dkk. 2022. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan *Sheetpile* Baja (Studi Kasus: Desa Mekarjaya, Kecamatan Ciomas, Kabupaten Bogor). *Rona Teknik Pertanian*, 15 (2).
- EduChannel Indonesia .(2023) .Tekanan Tanah. Diunduh di <https://educhannel.id/artikel/teknik-sipil/tekanan-tanah.html>. Tanggal 1 Juli
- Handayana, Riska, dkk. 2020. Analisis Dinding Penahan Tanah pada Sungai Brang Biji. *Jurnal Teknik dan Sains* 1 (2).
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah 1: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hartono, S., Mulyadi, R., & Suryadi, A. (2018). "Geotechnical and Hydrological Considerations in Retaining Wall Design for Lakefront Protection." *International Journal of Geotechnical Engineering*, 14(4), 432-445.
- Lestari, R., Putra, H., & Prasetyo, B. (2022). "Environmental Impact Assessment of Retaining Wall Construction in Coastal Areas." *Journal of Environmental Engineering*, 19(3), 301-315.
- Muhammad Amad Arifin, F. (2019). Tinjauan Nilai Permeabilitas Tanah Tanggul Canal Blocing. *Jurnal GRADASI TEKNIK SIPIL, Volume 3, No. 1,*.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2021 Tentang *Penyelamatan Danau Prioritas Nasional*
- Sari, D. P., Santoso, A., & Kusuma, A. (2020). "Effectiveness of *Sheetpile* in Lateral Earth Pressure Resistance on Riverbank Protection Projects." *Journal of Civil Engineering Research*, 18(2), 215-228.
- Sudarma, I, Made. 2018. Indeks Plastisitas Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Variasi Campuran Limestone, Kapur Padam, Abu Sekam Dan Semen. *Fakultas Teknik UNR*. 10(1)
- Supit, Donald Donny. 2019. Analisa Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek *Interchange* Manado. *Jurnal Realteach*, 15 (2).
- Team Geosinindo. (2022). *Retaining wall* adalah dinding anti longsor kenali fungsi dan cara pembuatannya. Diunduh di <https://www.geosinindo.co.id/post/retaining-wall-adalah-dinding-anti-longsor-kenali-fungsi-dan-cara-pembuatannya> tanggal 4 Mei.
- Testbook. (2023). Sheet pile walls types. Diunduh di <https://testbook.com/civil-engineering/sheet-pile-walls-types> tanggal 4 Mei
- Wijaya, A., Rahardjo, H., Leong, E. C., & Satyanaga, A. (2019). "Stability of Coastal Slopes with *Sheetpile* Walls." *Geotechnical Engineering Journal*, 12(3), 89-101.

## LAMPIRAN

	<b>SONDERING TEST DATA</b>	<b>Test No. :</b> S-1 <b>Date :</b> 12 - 06 - 2023 <b>Tested By :</b> Widodo <b>Capacity :</b> 2.5 T																																																																																																																																																																																																																																																												
Ground Water Level (GWL) = 1.00 Meter																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Depth (Meter)</th> <th style="text-align: center;">Cone Resistant (CR) (Kg/Cm<sup>2</sup>)</th> <th style="text-align: center;">Total Resistant (TR) (Kg/Cm<sup>2</sup>)</th> <th style="text-align: center;">Friction Resistant (FR) (Kg/Cm<sup>2</sup>)</th> <th style="text-align: center;">Skin Friction (SF) FR x (20/10) (Kg/Cm)</th> <th style="text-align: center;">Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)</th> <th style="text-align: center;">Total Skin Friction (LSF) (Kg/Cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>0.40</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>0.60</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>0.80</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>8</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>10</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>1.20</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>12</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>14</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>1.60</td><td>5</td><td>6</td><td>1</td><td>2</td><td>16</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>1.80</td><td>7</td><td>8</td><td>1</td><td>2</td><td>18</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>20</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>2.20</td><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td><td>22</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>2.40</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>24</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>2.60</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>26</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>2.80</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>28</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>8</td><td>9</td><td>1</td><td>2</td><td>30</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>3.20</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>32</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>3.40</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>34</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>3.60</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>36</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>3.80</td><td>4</td><td>5</td><td>1</td><td>2</td><td>38</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>40</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>4.20</td><td>7</td><td>8</td><td>1</td><td>2</td><td>42</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>4.40</td><td>7</td><td>8</td><td>1</td><td>2</td><td>44</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>4.60</td><td>9</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>46</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>4.80</td><td>9</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>48</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>50</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>5.20</td><td>5</td><td>6</td><td>1</td><td>2</td><td>52</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>5.40</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>54</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>5.60</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>56</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>5.80</td><td>8</td><td>9</td><td>1</td><td>2</td><td>58</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>5</td><td>6</td><td>1</td><td>2</td><td>60</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>6.20</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>62</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>6.40</td><td>6</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>64</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>6.60</td><td>8</td><td>9</td><td>1</td><td>2</td><td>66</td><td>0.10</td></tr> <tr><td>6.80</td><td>8</td><td>9</td><td>1</td><td>2</td><td>68</td><td>0.10</td></tr> </tbody> </table>	Depth (Meter)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Total Resistant (TR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Friction Resistant (FR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Skin Friction (SF) FR x (20/10) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (LSF) (Kg/Cm)	0.00							0.20	1	2	1	2	2	0.10	0.40	1	2	1	2	4	0.10	0.60	2	3	1	2	6	0.10	0.80	2	3	1	2	8	0.10	1.00	3	4	1	2	10	0.10	1.20	3	4	1	2	12	0.10	1.40	4	5	1	2	14	0.10	1.60	5	6	1	2	16	0.10	1.80	7	8	1	2	18	0.10	2.00	2	3	1	2	20	0.10	2.20	2	3	1	2	22	0.10	2.40	4	5	1	2	24	0.10	2.60	4	5	1	2	26	0.10	2.80	6	7	1	2	28	0.10	3.00	8	9	1	2	30	0.10	3.20	6	7	1	2	32	0.10	3.40	6	7	1	2	34	0.10	3.60	4	5	1	2	36	0.10	3.80	4	5	1	2	38	0.10	4.00	6	7	1	2	40	0.10	4.20	7	8	1	2	42	0.10	4.40	7	8	1	2	44	0.10	4.60	9	10	1	2	46	0.10	4.80	9	10	1	2	48	0.10	5.00	6	7	1	2	50	0.10	5.20	5	6	1	2	52	0.10	5.40	6	7	1	2	54	0.10	5.60	6	7	1	2	56	0.10	5.80	8	9	1	2	58	0.10	6.00	5	6	1	2	60	0.10	6.20	6	7	1	2	62	0.10	6.40	6	7	1	2	64	0.10	6.60	8	9	1	2	66	0.10	6.80	8	9	1	2	68	0.10		
Depth (Meter)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Total Resistant (TR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Friction Resistant (FR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Skin Friction (SF) FR x (20/10) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (LSF) (Kg/Cm)																																																																																																																																																																																																																																																								
0.00																																																																																																																																																																																																																																																														
0.20	1	2	1	2	2	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
0.40	1	2	1	2	4	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
0.60	2	3	1	2	6	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
0.80	2	3	1	2	8	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
1.00	3	4	1	2	10	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
1.20	3	4	1	2	12	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
1.40	4	5	1	2	14	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
1.60	5	6	1	2	16	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
1.80	7	8	1	2	18	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
2.00	2	3	1	2	20	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
2.20	2	3	1	2	22	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
2.40	4	5	1	2	24	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
2.60	4	5	1	2	26	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
2.80	6	7	1	2	28	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
3.00	8	9	1	2	30	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
3.20	6	7	1	2	32	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
3.40	6	7	1	2	34	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
3.60	4	5	1	2	36	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
3.80	4	5	1	2	38	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
4.00	6	7	1	2	40	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
4.20	7	8	1	2	42	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
4.40	7	8	1	2	44	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
4.60	9	10	1	2	46	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
4.80	9	10	1	2	48	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
5.00	6	7	1	2	50	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
5.20	5	6	1	2	52	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
5.40	6	7	1	2	54	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
5.60	6	7	1	2	56	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
5.80	8	9	1	2	58	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
6.00	5	6	1	2	60	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
6.20	6	7	1	2	62	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
6.40	6	7	1	2	64	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
6.60	8	9	1	2	66	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
6.80	8	9	1	2	68	0.10																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>Project :</b> Pekerjaan Konstruksi Pengamanian Sepadan Danau Tobia di Kabupaten Samosir	<b>Location :</b> Kab. Samosir, Prov. Sumatera Utara Loc. 2 (dua)	<b>Page :</b>																																																																																																																																																																																																																																																												

Lampiran 1. Data sondir S-1

 <b>CV. GEOSCRIP</b> <small>PT. GEOSCRIP INDONESIA</small>	<b>SONDERING TEST DATA</b>	<b>Test No</b> : 3-1				
		<b>Date</b> : 12-06-2023				
		<b>Tested By</b> : Widodo				
		<b>Capacity</b> : 2.5 T				
Ground Water Level (GWL) = 1.00 Meter						
Depth (Meter)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Total Resistant (TR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Friction Resistant (FR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Skin Friction (SF) FR x (20/10) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (LSF) (Kg/Cm)
7.00	10	11	1	2	70	0.10
7.20	12	13	1	2	72	0.10
7.40	13	14	1	2	74	0.10
7.60	13	14	1	2	76	0.10
7.80	15	16	1	2	78	0.10
8.00	17	18	1	2	80	0.10
8.20	19	20	1	2	82	0.10
8.40	19	20	1	2	84	0.10
8.60	17	18	1	2	86	0.10
8.80	20	21	1	2	88	0.10
9.00	16	17	1	2	90	0.10
9.20	18	19	1	2	92	0.10
9.40	18	19	1	2	94	0.10
9.60	20	21	1	2	96	0.10
9.80	22	23	1	2	98	0.10
10.00	24	25	1	2	100	0.10
10.20	24	25	1	2	102	0.10
10.40	24	25	1	2	104	0.10
10.60	26	27	1	2	106	0.10
10.80	23	24	1	2	108	0.10
11.00	25	26	1	2	110	0.10
11.20	25	26	1	2	112	0.10
11.40	30	32	2	4	116	0.20
11.60	30	32	2	4	120	0.20
11.80	32	34	2	4	124	0.20
12.00	35	37	2	4	128	0.20
12.20	42	52	10	20	148	1.00
12.40	40	50	10	20	168	1.00
12.60	43	53	10	20	188	1.00
12.80	40	50	10	20	208	1.00
13.00	40	50	10	20	228	1.00
13.20	45	55	10	20	248	1.00
13.40	47	57	10	20	268	1.00
13.60	50	60	10	20	288	1.00
13.80	50	60	10	20	308	1.00
<b>Project :</b> Pekerjaan Konstruksi Pengamanan Sepadan Diruksi Toba di Kabupaten Sumsor	<b>Location :</b> Kab. Sumsor, Prov. Sumatera Utara Loc. 2 (dui)	<b>Page :</b>				

Lampiran 2. Lanjutran data sondir S-1

	<b>SONDERING TEST DATA</b>	<b>Test No</b> : S-1
		<b>Date</b> : 12-06-2023
		<b>Tested By</b> : Widodo
		<b>Capacity</b> : 2.5 T

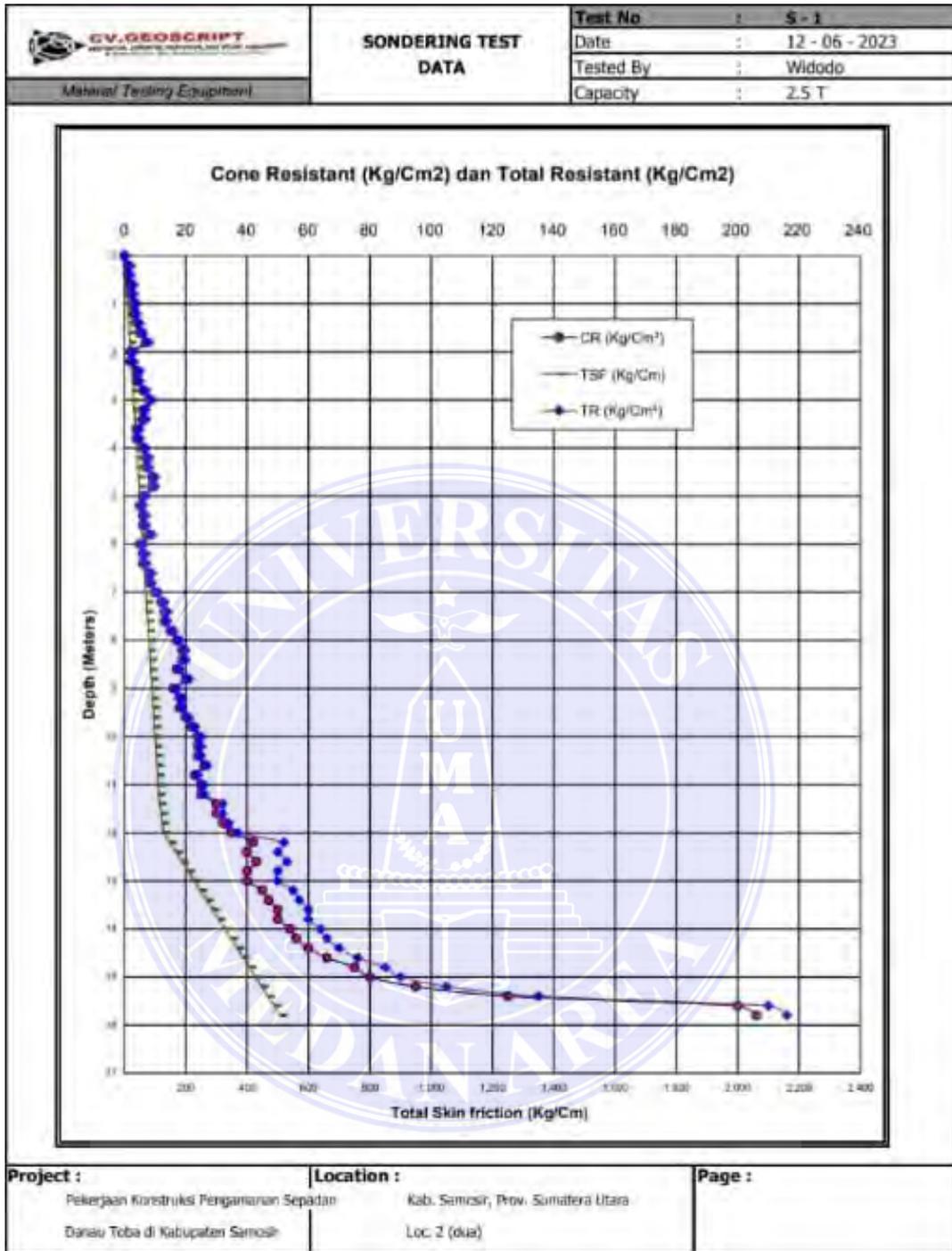
Ground Water Level (GWL) = 1.00 Meter

Depth (Meter)	Cone Resistant (CR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Total Resistant (TR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Friction Resistant (FR) (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Skin Friction (SF) FR x (20/10) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (TSF) (Kg/Cm)	Total Skin Friction (LSF) (Kg/Cm)
14.00	54	64	10	20	328	1.00
14.20	56	66	10	20	348	1.00
14.40	60	70	10	20	368	1.00
14.60	66	76	10	20	388	1.00
14.80	75	85	10	20	408	1.00
15.00	80	90	10	20	428	1.00
15.20	95	105	10	20	448	1.00
15.40	125	135	10	20	468	1.00
15.60	200	210	10	20	488	1.00
15.80	206	216	10	20	508	1.00
16.00	-	-	-	-	-	-
16.20	-	-	-	-	-	-
16.40	-	-	-	-	-	-
16.60	-	-	-	-	-	-
16.80	-	-	-	-	-	-
17.00	-	-	-	-	-	-
17.20	-	-	-	-	-	-
17.40	-	-	-	-	-	-
17.60	-	-	-	-	-	-
17.80	-	-	-	-	-	-
18.00	-	-	-	-	-	-
18.20	-	-	-	-	-	-
18.40	-	-	-	-	-	-
18.60	-	-	-	-	-	-
18.80	-	-	-	-	-	-
19.00	-	-	-	-	-	-
19.20	-	-	-	-	-	-
19.40	-	-	-	-	-	-
19.60	-	-	-	-	-	-
19.80	-	-	-	-	-	-
20.00	-	-	-	-	-	-
20.20	-	-	-	-	-	-
20.40	-	-	-	-	-	-
20.60	-	-	-	-	-	-
20.80	-	-	-	-	-	-

<b>Project :</b> Pekerjaan Konstruksi Pengamanan Sepadan Danau Toba di Kabupaten Simaloa	<b>Location :</b> Kab. Simaloa, Prov. Sumatera Utara Loc. 2 (dua)	<b>Page :</b>
--	---	---------------

Lampiran 3. Lanjutran data sondir S-1



Lampiran 4. Lanjutran data sondir S-1

**DRILLING LOG**

Project: Pekerjaan Konstruksi Program Rencana Gedung Smanu Kota di Kota Semarang				Location: Blok Semesta, Pk. Semarang Utara (Jic. 3)														
Drilling No: 1001-1				North: 1001														
Class: 1001				Depth: 1001														
Company: PT. ...				Date: ...														
Scale: 1:100				Sheet: 1001														
Drawing Date: 2023				Drawing No: 1001														
Scale	Altitude	Depth	Symbol	Description	Depth of	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>9</sub>	N <sub>10</sub>	Method of Sampling	Notes	
	(m)	(m)			(m)													
0.00		0.00		Top Soil														
1.00		1.60		Deskrpsi: Pasir Bercampur Batu Ajoeng Warna: Abu-abu Keras Kepadatan: Sedang	2.00												SPT	
4.00		4.15		Deskrpsi: Pasir Saling Halus Warna: Abu-abu Kepadatan: Rendah	4.00												SPT	
6.00		6.70		Deskrpsi: Pasir Saling Lempung Warna: Abu-abu Plastisitas: Rendah	6.00												DS	
10.00		10.45		Deskrpsi: Pasir Saling Halus Warna: Abu-abu Kepadatan: Rendah	10.00												SPT	
12.00		12.45		Deskrpsi: Pasir Saling Halus Warna: Abu-abu Kepadatan: Sedang	12.00												SPT	
14.00		14.45		Deskrpsi: Pasir Saling Halus Warna: Abu-abu Kepadatan: Rendah	14.00												SPT	
16.00		16.45		Deskrpsi: Pasir Saling Halus Warna: Abu-abu Kepadatan: Rendah	16.00												SPT	

**LEGEND**

- Undersampled Sample (UDS)
- Disturbed Sample
- Standard Penetration Test (SPT)
- Ground Water Level
- Sand
- Clay
- Gravel / Cobles
- Fault/Strata
- Light

Lampiran 5. Data *drilling log*



Lampiran 6. Proses penanaman *sheetpile*



Lampiran 7. Koreksi kemiringan *sheetpile*



Lampiran 8. Proses pemasangan *sling* baja