

**OPTIMASI PENGGUNAAN JANGKAR BETON SEBAGAI
SOLUSI UNTUK MENYEIMBANGKAN TURAP PADA
SISTEM PENGAMAN SEMPADAN DANAU TOBA**

SKRIPSI

OLEH:

**KHAIRIL MIFTAH
208110015**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/7/25

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

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/25

OPTIMASI PENGGUNAAN JANGKAR BETON SEBAGAI SOLUSI UNTUK MENYEIMBANGKAN TURAP PADA SISTEM PENGAMAN SEMPADAN DANAU TOBA

SKRIPSI

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



Oleh:

**KHAIRIL MIFTAH
208110015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

i

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/7/25

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

Access From (repository.uma.ac.id)23/7/25

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Optimasi Penggunaan Jangkar Beton Sebagai Solusi Untuk Menyeimbangkan Turap Pada Sistem Pengaman Sempadan Danau Toba**
Nama : **Khairil Miftah**
NPM : **208110015**
Fakultas : **Teknik**

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


Ir. Fika Ermita Wulandari, S.T., M.T
Pembimbing

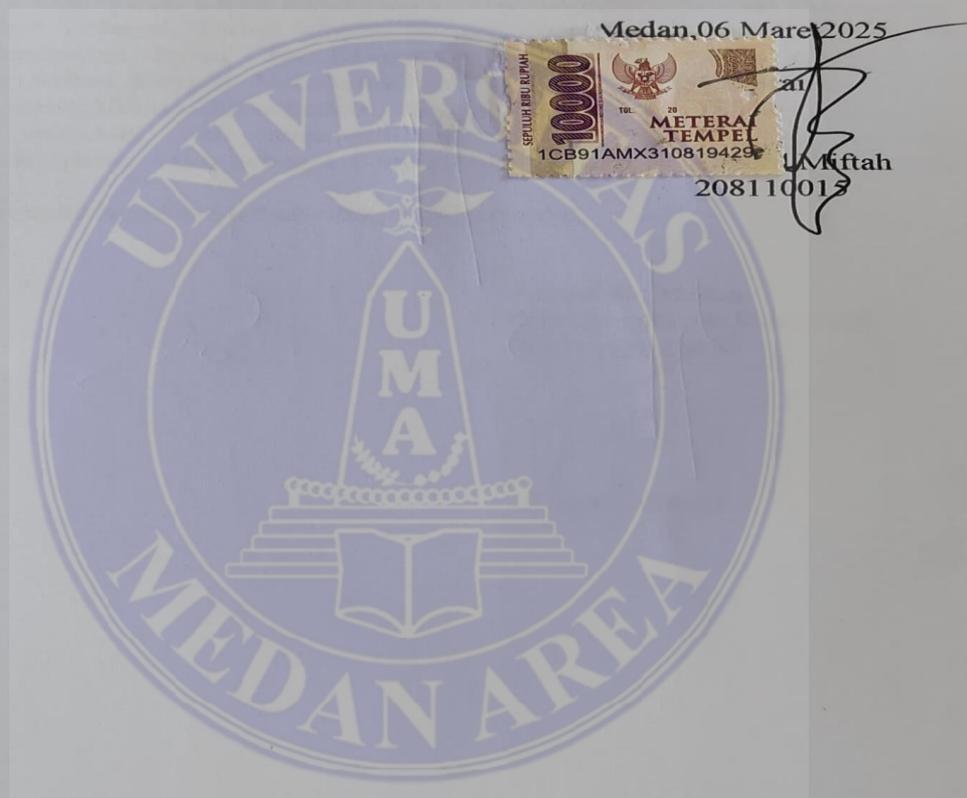

Ir. Supriatno, S.T., MT
Dekan


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

Tanggal Lulus : 6 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

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



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Khairil Miftah
NPM : 208110015
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 Optimasi Penggunaan Jangkar Beton Sebagai Solusi Untuk Menyeimbangkan Turap Pada Sistem Pengaman Sempadan Danau Toba. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

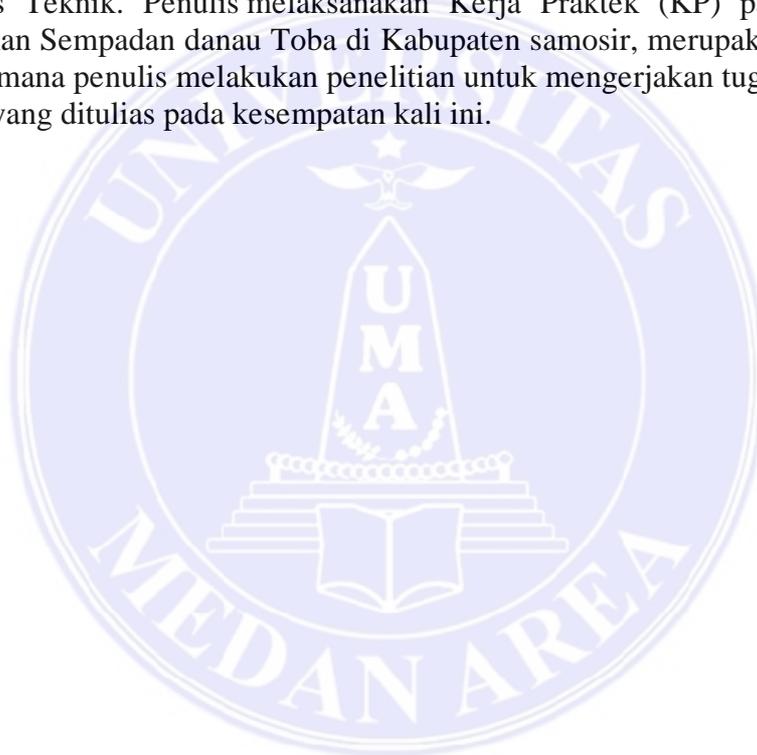
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 06 Maret 2025
Yang menyatakan

(Khairil Miftah)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan Pada tanggal 25 Juli 2002 dari Ayah Nasril dan Ibu Yesti Oktavia. Penulis merupakan anak ke 2 dari 3 bersaudara. Memiliki seorang kakak yang bernama Mutia Khairunnisa, yang juga merupakan lulusan ITM pada tahun 2020 pada jurusan Teknik Sipil. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah dasar pada SD Harapan 3 Medan pada tahun 2014. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah pertama pada sekolah yang sama dan lulus pada tahun 2017, kemudian penulis melanjutkan Sekolah Menengah Atas di tempat yang sama pula dan lulus pada tahun 2020. Kemudian Penulis melanjutkan pendidikan kuliah Strata Satu (S-1) di salah satu Universitas Swasta terbaik no. 1 yang berada di Medan, Sumatera Utara yaitu Universitas Medan Areadan terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) pada Konstruksi Pengaman Sempadan danau Toba di Kabupaten samosir, merupakan tempat yang sama dimana penulis melakukan penelitian untuk mengerjakan tugas akhir berupa skripsi yang ditulias pada kesempatan kali ini.



KATA PENGHANTAR

Alhamdulillah Puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT Tuhan Yang Maha Esa, atas berkatkarunia 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 **“Optimasi Penggunaan Jangkar Beton Sebagai Solusi Untuk Menyeimbangkan Turap Pada Sistem 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 Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada, teman-teman seangkatan saya, Abangda dan kakanda stambuk 2019, BWS Sumatera Ildan PT. Monodon Pilar Nusantara yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua orangtua serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya serta teristimewa kepada Salsabila Ayu Shinta A.md.T. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Khairil Miftah)

ABSTRAK

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menahan tekanan tanah dan air, sehingga dapat mencegah terjadinya erosi maupun kelongsoran. Pada dasarnya turap yang menggunakan *sheet pile* apapun jenisnya di khususkan untuk menahan gaya guling atau Horizontal dan bukan dikhususkan menahan gaya vertikal seperti tiang pancang yang semuanya sudah diperhitungkan. Namun, untuk memastikan efektivitas dari dinding penahan tanah dengan menggunakan *sheet pile*, diperlukan juga jangkar beton atau yang biasa disebut *Counterweight* demi untuk mendukung kestabilan yang cermat. Penggunaan jangkar beton atau *counterweight* untuk menyeimbangkan turap pada pengaman sempadan danau toba sangatlah penting mengingat bangunan turap ini bersinggungan langsung dengan perairan. Selain itu, ada juga beberapa Turap yang tidak menggunakan *counterweight* dikarenakan tanah ditempat pemancangan steel *sheet pile* tersebut yang pada dasarnya memiliki tanah keras yang dapat menahan gaya guling terhadap turap tersebut tanpa menggunakan jangkar beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi peran *counterweight* dalam meningkatkan penyeimbangan turap pada pengaman sempadan Danau Toba. Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan: 1. Metode Observasi. 2. Pengambilan Data Pengambilan data langsung dari proyek, adapun data yang diambil meliputi: a. Gambar Lengkap (denah, potongan, detail-detail) b. Data laboratorium. Turap beton berangkur kuat menahan beban lateral (momen 1072,40 kNm) namun defleksinya (1,10 cm) lebih besar dari SPP. Sebaliknya, turap SPP menunjukkan defleksi lebih kecil (0,31 cm) dan kekakuan baik, serta efisien berkat baja-beton.

Kata kunci : Jangkar Beton; Turap; *Sheetpile*; Sistem Pengaman Sempadan

ABSTRACT

A retaining wall functions to resist soil and water pressure, thereby preventing erosion or landslides. Basically, retaining walls using sheet piles of any type are specifically intended to resist overturning or horizontal forces, and not specifically designed to resist vertical forces like foundation piles, which are all already calculated. However, to ensure the effectiveness of retaining walls using sheet piles, a concrete anchor or what is commonly called a counterweight is also required to support precise stability. The use of concrete anchors or counterweights to balance the retaining walls on the Lake Toba shoreline protection is very important, considering that these retaining structures are in direct contact with water. In addition, there are also some retaining walls that do not use counterweights because the soil at the steel sheet pile driving location naturally has hard soil that can resist the overturning force on the retaining wall without the use of concrete anchors. The purpose of this research was to determine the efficiency of the role of counterweights in increasing the balance of the retaining wall on the shoreline protection of Lake Toba. The data collection methods conducted were: 1. Observation Method. 2. Data Collection: data was collected directly from the project, including: a. Complete Drawings (plans, sections, details) b. Laboratory data. Anchored concrete retaining walls were strong in resisting lateral loads (moment 1072.40 kNm) but had deflection (1.10 cm) greater than SPP. On the other hand, SPP retaining walls showed smaller deflection (0.31 cm) and good stiffness, and were efficient due to steel-concrete.

Keywords: Concrete Anchor; Retaining Wall; Sheet Pile; Shoreline Protection System



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Umum	7
2.3. Tanah	7
2.3.1. Tanah Lateral.....	10
2.4. Klasifikasi Tanah	12
2.4.1. <i>USDA Texture Triangle</i>	15
2.4.2. <i>USCS (Unified Soil Classification System)</i>	17
2.5. Pembentukan Tanah.....	20
2.6. Konsistensi Tanah.....	21
2.7. Struktur Tanah	22
2.7.1. Struktur Tanah Tak Berkohesif	22
2.7.2. Struktur Tanah Kohesif	23
2.8. Tanah Lunak	23
2.8.1. Karakteristik Tanah Lunak	23
2.8.2. Tipe-tipe tanah lunak.....	24
2.9. Tanah Lempung	26
2.9.1. Sifat Tanah Lempung	27
2.10. Stabilitas Tanah	28

2.11. Tekanan Tanah.....	29
2.12. <i>Cone Penetration Test (CPT)</i>	35
2.13 Dinding Penahan Tanah.....	37
2.14 Dinding Penahan Kantiliver	40
2.14.1 Dimensi Dinding Penahan Tanah Kantilever.....	41
2.14.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah	41
2.15 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Stabilitas	41
2.16 Beton <i>Counterweight</i> Sebagai Alternatif Optimalisasi.....	42
2.17 Turap / <i>Sheet Pile</i>	44
BAB III METODE PENELITIAN	49
3.1 Lokasi Penelitian.....	49
3.2 Sumber Data	51
3.3 Kerangka Berfikir Penelitian	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Perencanaan Turap Berangkur.....	53
4.1.1 Tanah Asli	53
4.2 Perencanaan SPP (<i>Steel Pipe Pile</i>)	59
4.3 Perencanaan Diameter Angkur	62
4.4 Perhitungan Dimensi Blok Angkur	62
4.5 Perencanaan Turap Beton Bertulang	62
4.5.1 Momen Kapasitas.....	53
4.5.2 Momen Inersia	64
4.5.3 Momen Elastisitas Beton.....	64
4.5.4 Estimasi Defleksi Maksimum.....	65
4.6 Pembahasan	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Simbol Klasifikasi UISCs	17
Tabel 2. Tanah Berbutir Kasar	18
Tabel 3. Tanah Berbutir Halus	19
Tabel 4. Berat Jenis (Gs) berbagai jenis tanah	24
Tabel 5. Klasifikasi Tanah berdasarkan tekstur tanah	25
Tabel 6. Hubungan antara konsistensi dan kuat tekan bebas (qu)	26
Tabel 7. Indikator kuat geser tak terdrainase tanah lempung lunak.....	26
Tabel 8. Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kadar serat.....	26
Tabel 9. Data Perencanaan Turap Berangkur	53
Tabel 10. Gaya Turap Kantilever Tanah Asli	59
Tabel 11. Rekapitulasi Turap Beton Bertulang.....	65
Tabel 10. Perbandingan Efisiensi dan Kinerja.....	66



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Klasifikasi Jenis Tanah	8
Gambar 2 Diagram Fase Tanah.....	12
Gambar 3 Tekanan tanah dalam keadaan diam.....	31
Gambar 4 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam	32
Gambar 5 Tekanan Aktif Rankine	33
Gambar 6 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding	35
Gambar 7 Dinding Penahan Tanah	39
Gambar 8 Dinding Penahan Tanah Kantiliver	40
Gambar 9 <i>Sheet Pile</i> Beton	45
Gambar 10 <i>Sheet Pile</i> Baja	45
Gambar 11 Pengaruh Kedalaman Turap Pada Distribusi Tekanan Dan Perubahan.....	46
Gambar 12 Lokasi Penelitian	49
Gambar 13 Peta situasi.....	49
Gambar 14 Cross Section STA 0 + 100	50
Gambar 15 Data Drilling Log	50
Gambar 16 Kerangka Berpikir	52
Gambar 17. Diagram Tegangan dan Tekanan Tanah Lateral Turap Kantilever Kondisi Tanah Asli	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Danau Toba adalah danau vulkanik terbesar di Indonesia dan merupakan salah satu objek wisata yang populer di Sumatera Utara. Namun, pada beberapa tahun terakhir, Daratan Danau Toba mengalami erosi dan kenaikan muka air yang cukup signifikan. Erosi dan kenaikan muka air ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti curah hujan yang tinggi atau cuaca buruk, aliran sungai yang deras, dan aktivitas manusia yang tidak terkontrol.

Fenomena ini juga sangat merugikan masyarakat dikarenakan adanya beberapa lahan bahkan kebun masyarakat yang kehilangan akibat erosi tersebut, hal inilah yang membuat masyarakat resah karena takut akan tempat tinggal dan kebun masyarakat berkurang sekaligus juga membuat penghasilan masyarakat yang berkebun juga berkurang.

Untuk mengatasi masalah erosi dan muka air ini, diperlukan konstruksi pengaman sempadan yang efektif. Salah satu jenis konstruksi pengaman sempadan yang umum digunakan adalah dinding penahan tanah atau Turap dengan menggunakan *steel sheetpile*. Dinding penahan tanah ini berfungsi untuk menahan tekanan tanah dan air, sehingga dapat mencegah terjadinya erosi maupun kelongsoran.

Pada dasarnya turap yang menggunakan sheetpile apapun jenisnya di khususkan untuk menahan gaya guling atau Horizontal dan bukan dikhususkan menahan gaya vertikal seperti tiang pancang yang semuanya sudah diperhitungkan. Namun, untuk memastikan efektivitas dari dinding penahan tanah dengan

menggunakan *sheetpile*, diperlukan juga jangkar beton atau yang biasa disebut *Counterweight* demi untuk mendukung kestabilan yang cermat. Penggunaan jangkar beton atau counterweight untuk menyeimbangkan turap pada pengaman sempadan danau toba sangatlah penting mengingat bangunan turap ini bersinggungan langsung dengan perairan.

Selain itu, ada juga beberapa Turap yang tidak menggunakan *counterweight* dikarenakan tanah ditempat pemancangan *steel sheetpile* tersebut yang pada dasarnya memiliki tanah keras yang dapat menahan gaya guling terhadap turap tersebut tanpa menggunakan jangkar beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu kenapa harus menggunakan Jangkar beton atau *counterweight* pada sistem pengaman sempadan danau toba?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi peran *counterweight* dalam meningkatkan penyeimbangan turap pada pengaman sempadan Danau Toba.

1.4 Batasan Penelitian

Untuk mendapatkan data yang lebih sesuai dengan penelitian ini dan lebih mudah dianalisis, dibuatlah beberapa batasan-batasan masalah antara lain:

1. Data-data diperoleh dari proyek Konstruksi Pengaman Sempadan Danau Toba di Kab.Samosir.
2. Pengamatan yang dilakukan pada cross section di STA 0 + 100 pada konstruksi pengaman sempadan Danau Toba di Kab.Samosir

3. Struktur yang ditinjau adalah Jangkar Beton atau *counterweight*.
4. Lokasi *counterweight* yang ditinjau hanyalah pada Proyek Pengaman Sempadan Danau Toba di Kab.Samosir.

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 turap apakah membutuhkan *counterweight* atau tidak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Peneliti terdahulu adalah kajian penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dapat diambil dari berbagai sumber ilmiah seperti skripsi, tesis, disertasi atau jurnal penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melakukan penelitian :

1. Paduraksa (2022) dengan judul Penelitian : Penggunaan *Counterweight* Dan *Soil Soil Nailing* Sebagai *Alternatif* Perkuatan Lereng Sungai Gandong Magetan Jawa Timur Pasca Longsor. Dalam penelitian tersebut mengkaji tentang beberapa metode yang dipakai dalam pelaksanaan suatu proyek salah satunya adalah Analisis stabilitas lereng diperlukan untuk mengetahui bidang longsor dari lereng, sehingga dapat direncanakan jenis perkuatan yang akan digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng ialah geometri lereng, kondisi air tanah, sifat tanah, struktur geologi serta gaya yang bekerja pada lereng. Hasil analisis stabilitas lereng didapatkan dari pemodelan menggunakan program bantu Geoslope. Hal ini digunakan untuk analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting maupun kondisi setelah adanya perkuatan. Pemodelan Geoslope yang digunakan ialah slope/W yang berguna untuk menganalisis stabilitas suatu lereng. Parameter tanah yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng *counterweight* pada program Geoslope ialah nilai berat volume tanah (γ), besar sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) dari tanah timbunan.

2. Kacapuri (2020) dengan judul penelitian : Analisis Stabilitas Lereng Dan Penanggulangan Longsor Menggunakan Program Plaxis. Dalam penelitian tersebut mengkaji tentang beberapa metode yang dipakai dalam pelaksanaan suatu proyek salah satunya adalah Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu inventarisasi data-data pendukung seperti data tanah yang didapatkan dari hasil penyelidikan tanah dan data geometri berupa data sekunder dari dokumen proyek yang meliputi : layout area longsor, potongan memanjang dan potongan melintang yang menggambarkan kondisi di lapangan. Kemudian, tahapan selanjutnya dilakukan analisa stabilitas lereng dengan aplikasi program PLAXIS, yang hasil / outputnya digunakan dalam proses desain tiang dan dinding kantilever.
3. Simaxis (2019) dengan judul penelitian : Analisis Penyebab Kelongsoran Dan Alternatif Perkuatan Tanah Timbunan Ruas Jalan Tol Batang- Semarang STA 383+100-STA 383+900 . Dalam penelitian tersebut mengkaji tentang beberapa metode yang dipakai dalam pelaksanaan suatu proyek adalah sebagai berikut :
 - a. Metode perkuatan menggunakan cerucuk adalah salah satu cara stabilisasi tanah dengan cara memasukkan mircopile ke dalam tanah dasar. Salah satu tujuan penggunaan cerucuk yaitu menahan kelongsoran pada tanah timbunan bersama dengan tanah dasar di bawahnya.
 - b. Alternatif metode perkuatan timbunan selanjutnya yang ditawarkan dalam perencanaan ini adalah *Encapsulated Stone*

Column. Encapsulated stone column adalah kolom agregat yang dipadatkan dengan cara digetarkan dengan menggunakan vibro cat dan di selimuti dengan menggunakan geotextile.

- c. Alternatif perkuatan ketiga yang ditawarkan dalam perencanaan ini adalah *counterweight*. *Counterweight* merupakan suatu metode perkuatan timbunan dengan menambahkan sebuah massa tertentu di belakang timbunan sehingga dapat menambah tekanan pasif terhadap timbunan. Semakin besar gaya yang menahan sehingga dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kelongsoran. Sehingga dibutuhkan lahan yang luas pada lokasi area timbunan. Perencanaan *counterweight* ini dengan asumsi bahwa lahan disekitar lokasi akan dibebaskan apabila ROW Jalan Tol Batang Semarang Seksi 2 masih kurang, mengingat timbunan berada pada area persawahan warga.

2.2. Umum

Counterweight atau biasa disebut juga Jangkar Beton merupakan beton pracetak atau juga bisa insitu yang biasa digunakan sebagai perkuatan dan menambahkan daya dukung Turap tepi lereng, jurang, maupun Perairan yang mana di tempat tempat tersebut akan dipasang turap yang banyak jenisnya pula. *Counterweight* ini sebagian besar digunakan di tempat-tempat rawan longsor seperti lereng, jurang, maupun Perairan dan sejenisnya. Selain menambahkan daya dukung (optimasi), pemasangan *Counterweight* ini dapat menambah umur rencana turap yang akan dibangun. Dan masih ada fungsi lainnya agar pada saat pemasangan turap jenis baja tidak mudah bergeser.

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.

2.3. Tanah

Tanah atau *soil* adalah lapisan teratas dari bumi, keberadaan tanah sangat penting bagi kehidupan manusia yang berada di atasnya. Tanah merupakan

bentukan dari bebatuan yang mengalami pelapukan. Proses pelapukan ini terjadi dalam jangka waktu yang relative lama bahkan hingga ratusan tahun. Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral padat yang tidak tersekmentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan bahan – bahan *organicyang* telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang partikel padat tersebut (Braja M Das, 1995).

Tanah berguna sebagai tempat untuk meletakkan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Hampir semua proyek konstruksi sipil didirikan di atas tanah, seperti gedung – gedung bertingkat, jalan raya, jembatan, bandar udara, dermaga, pelabuhan dan lain sebagainya di bangun di atas tanah.

No.	Jenis Tanah	Karakter	Gambar
1.	Organosol	Organik, berwarna hitam.	
2.	Aluvial	Sifat fisiknya cenderung keras dan pejal jika kering.	
3.	Vulkanik	Halus, tidak mudah tertiuap angin, dan jika terkena hujan lapisan tanah bagian atas menutup sehingga tanah ini tidak mudah erosi.	
4.	Litosol	Warnanya merah hingga kuning, teksturnya lempung dan memiliki solum horizon.	
5.	Andosol	Solum tebal, warna sedikit coklat kekelabuan hingga hitam, kandungan mineral tinggi, tekstur geluh berdebu, struktur remah, dan konsistensi gembur.	

Gambar 1. Klasifikasi Jenis Tanah (Razak, 2023)

Oleh karena itu sebagai seorang ahli teknsipil harus mempelajari sifat – sifat dasar dari tanah, seperti asal usul tanah, penyebaranukuran butiran tanah, kemampuan tanah dalam mengalirkan air, sifat pemampatan bila tanah diberikan pembebanan (*compressibility*), kekuatan geser tanah, kapasitas daya dukung tanah terhadap beban dan lain – lain. Oleh karena itu pemahaman mengenai tanah sangat diperlukan sebelum sebuah konstruksi sipil akan didirikan di atasnya. Kondisi tanah salah satu hal yang wajib diperhatikan dalam merancang atau pun pada saat akan mendirikan sebuah bangunan di atasnya, karena keadaan tanah dilapangan pada umumnya tidak homogen. Tanah memiliki sifat karakteristik yang berbeda-beda. Apabila tanah difungsikan sebagai pendukung pondasi bangunan, tanah tersebut harus memiliki tanah yang stabil.

Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Sedangkan batuan adalah agregat yang mineralnya satu sama lain diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat, dan tidak bisa dipisahkan dengan cara mekanis sederhana.

Akan tetapi di kalangan Insinyur Geologi istilah “batuan” dimaksudkan untuk semua materi penyusun kerak bumi tanpa mempersoalkan derajat keterikatan partikel – partikel mineralnya (batu, tanah, air). Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai “tanah” hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan. Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari

bahan – bahan padat, gas dan cair.

Mekanika tanah adalah disiplin teknik sipil yang memprediksi karakteristik kinerja tanah, dengan menggunakan teknik statika, teknik dinamika, mekanika fluida, dan teknologi lainnya. Mekanika tanah meliputi studi komposisi tanah, kekuatan, konsolidasi, dan penggunaan prinsip hidrolis, untuk menangani masalah yang menyangkut sedimen dan endapan lainnya. Mekanika tanah adalah salah satu ilmu utama untuk menyelesaikan masalah yang juga berkaitan dengan geologi teknik. Studi mekanika tanah sangat penting bagi insinyur sipil karena berdasarkan temuan studi mekanika tanah, struktur rekayasa dapat dirancang bangun. Jenis konstruksi, jenis peralatan yang akan digunakan, jenis pondasi, bahan pendukung, dan banyak aspek pekerjaan konstruksi lainnya sangat dipengaruhi oleh hasil dari studi mekanika tanah. Pada dasarnya mekanika tanah mempelajari tentang proses pembentukan tanah, sifat fisik dan kimia tanah, kompresibilitas tanah, permeabilitas, konsolidasi, dan lain sebagainya. (Darwis, 2018).

2.3.1. Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan parameter utama dalam perancangan dinding penahan tanah. Oleh karena itu diperlukan perkiraan tanah lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisis perencanaan maupun analisis stabilitas. Tekanan aktual yang terjadi di belakang dinding penahan cukup sulit untuk diperhitungkan karena begitu banyak variabelnya. Ini termasuk jenis bahan penimbunan, kepadatan dan kadar airnya, jenis bahan di bawah dasar pondasi, ada tidaknya beban permukaan, dan lainnya. Dalam perencanaan dinding penahan tanah pasti ada beban yang berpengaruh terhadap tekanan yang

terjadi di sekitar dinding penahan tanah. Selain pengaruh dari tekanan tanah terdapat juga pengaruh akibat adanya pengaruh akibat beban merata yang berada di atas dinding penahan tanah. Biasanya dalam konstruksi dinding penahan tanah pasti akan ada beban yang berada di atasnya, seperti beban jalan, beban bangunan dan lain sebagainya. Beban yang berada di atas bangunan tersebut memberikan tekanan kepada bangunan yang ada di bawahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada gerakan ke arah lateral tanah relatif terhadap dinding. Apabila lapisan tanah tersebut keras, maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila kondisi tanah lunak, maka perlu penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik (Setiawan, 2012). Teori yang membahas tentang tekanan tanah lateral yaitu teori Rankine (1857). Teori ini memberikan analisis mengenai besar dari kedua jenis tekanan tanah lateral yang disebut dengan tekanan aktif dan tekanan pasif. Menurut teori Rankine tekanan pada dinding akan meningkat sesuai dengan kedalamannya (Kusnan, 2017). Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan yaitu:

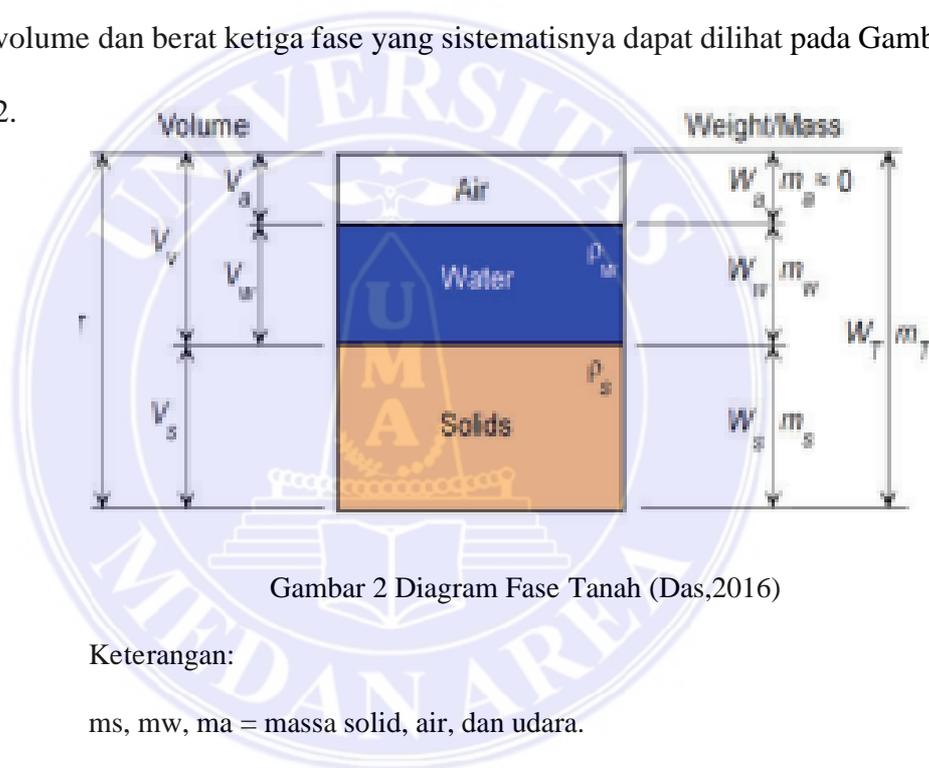
1. Dalam keadaan diam (K_0).
2. Dalam keadaan aktif (K_a).
3. Dalam keadaan pasif (K_p).

2.3.2. Parameter Tanah

Adapun data parameter tanah didapatkan dari hasil pengujian laboratorium maupun dari hasil interpolasi data-data tanah yang sudah ada. Hasil dari parameter tanah inilah yang menjadi masukan untuk pengukuran

dan analisa selanjutnya. Dalam pengambilan sampel tanah dan pengujian laboratorium tidak dilakukan pada seluruh lokasi daerah yang ditinjau melainkan dibeberapa titik yang mewakili daerah tersebut. Data yang diperlukan dapat berupa data pengujian di laboratorium dan data hasil pengujian di lapangan. Pemahaman mengenai komposisi tanah diperlukan untuk mengambil keputusan dalam memperoleh parameter tanah. Untuk lebih memahami komponen tanah, kita harus mampu mengkuantifikasi volume dan berat ketiga fase yang sistematisnya dapat dilihat pada Gambar

2.



Gambar 2 Diagram Fase Tanah (Das,2016)

Keterangan:

m_s, m_w, m_a = massa solid, air, dan udara.

W_s, W_w, W_a = berat solid, air, dan udara.

V_s, V_w, V_a = volume solid, air, dan udara.

g_s, g_w, g_a = kepadatan solid, air, dan udara.

W_t, V_t = total berat tanah dan total volume tanah.

V_v = volume void

2.4. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis

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

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

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

Tanah dibagi menjadi 4 bagiankelompok yaitu:

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

Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur, tanah dibagi atas dasar komponen utama yang terkandung didalamnya. Misalnya lempung

berpasir (*sand clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya. Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989). Klasifikasi tanah pada dasarnya dibuat untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat – sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, system klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan system identifikasi untuk menentukan sifat – sifat mekanis dan geoteknis tanah.

Klasifikasi tanah diperlukan antara lain bagi hal – hal sebagai berikut :

1. Perkiraan hasil eksplorasi tanah (persiapan log-bor tanah dan peta tanah, dan lain – lain).
2. Perkiraan standar kemiringan lereng dari penggalian tanah atau tebing.
3. Perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar, bahan tanah timbunan, dan lain – lain).
4. Perkiraan persentasi muat dan susut.

5. Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi (pemilihan cara penggalian dan rancangan penggalian).
6. Perkiraan kemampuan peralatan untuk konstruksi.
7. Rencana pekerjaan/pembuatan lereng dan tembok penahan tanah dan lain – lain. (pemilihan jenis konstruksi dan perhitungan tekanan tanah.)

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah adalah *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem ini didasarkan pada sifat – sifat indek tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indek plastisitasnya. Disamping itu, terdapat system lainnya yang juga dapat digunakan dalam identifikasi tanah seperti yang dibuat oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials Classification* (AASHTO), *British Soil Classification System* (BSCS) dan *United State Departement of Agriculture* (USDA).

2.4.1 USDA Texture Triangle

USDA (*U.S. Department of Agriculture*) merupakan sebuah badan atau departemen yang bertanggung jawab atas hal-hal yang melibatkan program pertanian, pangan, kehutanan, keamanan pangan, pengelolaan sumber daya alam, program nutrisi dan pertumbuhan ekonomi dengan tujuan untuk menjamin keselamatan makanan, melindungi sumber daya lingkungan kehidupan serta mengakhiri kelaparan di Amerika Serikat.

USDA mengklasifikasikan jenis tanah menggunakan triangle graphic atau grafik segitiga tekstur tanah dimana grafik segitiga tersebut menyebutkan berbagai kombinasi tanah liat, pasir, dan lumpur. Diameter dari partikel-partikel ini secara drastis mengubah sifat dari tanah tersebut. Untuk pasir (*sand*) sendiri,

terbuat dari partikel-partikel terbesar dengan ada banyak ruang diantaranya. Hal ini menandakan bahwa jenis tanah pasir tersebut memiliki aerasi yang baik dan dapat mengalirkan air dengan cepat.

Untuk partikel tanah liat (*clay*) jauh lebih kecil dibandingkan partikel pasir, mereka dapat menyatu dengan sangat rapat. Sedangkan untuk jenis tanah lumpur (*silt*) yang memiliki ukuran diantara pasir dan tanah liat hanya dapat mempertahankan air dengan cukup baik dan tidak terlalu terlihat seperti tanah liat. Selain itu, jenis tanah lumpur tidak memiliki banyak udara dan ruang di antara partikel seperti halnya jenis tanah pasir (*sand*).

Perbedaan tekstur pada jenis tanah *sand*, *clay*, dan *silt* juga dapat dibedakan berdasarkan *visualny*. Tanah berpasir (*sand*) memiliki presentase tanah dengan 18% lempung dan lebih dari 68% partikel pasir. Tanah berpasir merupakan jenis tanah yang paling ringan dari semua tanah, rentan terhadap angin dan mengalirkan air dengan cepat serta dibedakan oleh tekstur berpasir yang disebabkan oleh potongan-potongan batu yang hampir tidak terlihat ukurannya. Tanah berpasir lebih cepat panas pada musim semi dibandingkan dengan tanah liat namun juga memiliki kecenderungan cepat mengering di musim panas dan memiliki nutrisi yang rendah saat terkena hujan.

Pasir halus (*fine sand*) memiliki ukuran partikel 0.075 mm hingga 0.425 mm, pasir sedang (*medium sand*) memiliki ukuran 0.425 mm hingga 2 mm, dan pasir kasar (*coarse sand*) berukuran 2 mm hingga 4.75 mm. Tanah berpasir mudah diidentifikasi yaitu dengan menggenggam tanah kering kemudian teteskan sedikit air ke tanah tersebut secara perlahan. Tanah tersebut kemudian diperas hingga terasa seperti dempul yang lembab, jika terasa berpasir dan potongannya jatuh diantara jari jari tangan, maka tanah tersebut

merupakan tanah berpasir. Tanah lanau (*silt*) merupakan zat sedimen lepas yang terdiri dari partikel batuan kecil yang terbentuk secara alami. Tanah lanau merupakan tanah yang secara umum menahan kelembapan dan memiliki nilai kesuburan yang tinggi serta biasanya digunakan dalam bidang pertanian seperti untuk keperluan budidaya tanaman. Karena kehalusannya, tanah lanau memiliki sedikit ataupun tidak ada plastisitas. Saat basah, tanah lanau akan dengan mudah membentuk bola atau bentuk lainnya.

Tanah liat (*clay*) terdiri dari partikel yang sangat kecil atau kurang dari 0.002 mm dan mengandung 50% tanah liat. Saat basah, tanah liat menjadi lebih berat dan lengket, sedangkan saat mengering, tanah liat akan mengeras dan menjadi seperti beton. Karena ukurannya mikroskopis, partikelnya memiliki kecenderungan untuk menggumpal dan hanya sedikit udara yang dapat melewati celah-celah partikelnya.

Tanah lempung (*loam*) terdiri dari 40% pasir (*sand*), 40% lumpur (*silt*) dan 20% tanah liat (*clay*). Jenis tanah ini merupakan jenis tanah yang biasanya digunakan untuk berkebun atau menanam sayuran dikarenakan mengandung banyak nutrisi.

2.4.2 USCS (*Unified Soil Classification System*)

Merupakan sistem klasifikasi tanah yang dianjurkan oleh A. Cassagrande pada tahun 1942 dan kemudian direvisi oleh *The Corps of Engineers* dan *The US Bureau of Reclamation* pada tahun 1952. Pada klasifikasi ini, tanah dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu tanah berbutir kasar merupakan kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*).

Tabel 1. Simbol Klasifikasi USCS (California Department of Transportation, *USCS Classification System*, 2016).

Huruf	Arti	Huruf	Arti
G	Kerikil	W	Gradiasi Baik
S	Pasir	P	Gradiasi Jerek
M	Lanau	M	Mengandung Lanau
C	Lempung	C	Mengandung Lempung
O	Tanah Organik	L	Plastisitas Rendah
Pt	Gambut	H	Plastisitas Tinggi

Sistem klasifikasi USCS ini paling banyak digunakan untuk tujuan rekayasa tanah dikarenakan tanah tersebut dikategorikan berdasarkan pembentukan karakter dan ukuran partikelnya. Klasifikasi USCS dibagi menjadi 15 grup yang berbeda, namun mayoritas divisi utamanya mencakup tiga kategori tanah, yaitu :

Tabel 2. Tanah Berbutir Kasar (*Coarse Grained Soils*) (*California Department of Transportation, USCS Classification System, 2016*).

	Simbol	Deskripsi
Lebih dari 50% gradasi kasar lebih besar dari ukuran saringan No. 4	GRAVELS (Kerikil)	Clean Gravels (<i>Less than 5% fines</i>)
		GW Well graded gravels, gravel-sand, mixtures, little or no fines
	GP Poorly graded gravels, gravelsand mixture, little or no fines	
	GM Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	
	GC Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures	
Lebih dari 50% gradasi pasir lebih kecil dari ukuran saringan No.4	SANDS (Pasir)	Clean Sands (<i>Less than 5% fines</i>)
		SW Well graded snads, gravelly sands, little or no fines
	SP Poorly graded sands, gravelly sands, little of no fines	
		Sands with fines (<i>More than 12% fines</i>)

Pada Tabel 2 disebutkan bahwa parameter identifikasi jenis tanah kerikil dan pasir adalah saringan No.4. Saringan No.4 merupakan saringan yang digunakan pada pengujian *sieve analysis* dengan ukuran diameter 0.075

mm. Sedangkan pada Tabel 3 digunakan saringan No. 200 sebagai parameter penentu jenis tanah lanau dan lempung.

Tabel 3. Tanah Berbutir Halus (*Fine Grained Soils*) (California Department of Transportation, USCS *Classification System* 2016)

	Simbol	Deskripsi
<i>SILTS & CLAYS</i> (Lanau & Lempung)	ML	<i>Inorganic silts and very fine sand, rock flour, clayey fine sands or clayey silts with a visible plasticity</i>
Batas cair kurang dari 5%	CL	<i>Low to medium plasticity inorganic silty clays, lean clays</i>
	OL	<i>Low plasticity organic silts and organic silty clays</i>
<i>SILTS & CLAYS</i> (Lanau & Lempung)	MH	<i>Silts that are inorganic, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, and elastic silts</i>
Batas cair yaitu 50% atau lebih	CH	<i>High plasticity inorganic clays, fat clays</i>
	OH	<i>Organic clays with medium to high plasticity, as well as organic silts</i>

Untuk jenis tanah terakhir yaitu *highly organic soils* tidak dibagi lagi melainkan diklasifikasikan dalam satu kelompok. Tanah organik biasanya mudah ditekan, teksturnya berlumpur dan lembab. Umumnya, komponen dalam *highly organic soils* ini terdiri dari sisa daun-daun yang telah berguguran, ranting maupun bahan-bahan lainnya.

Berdasarkan jenis-jenis tanah di atas, jenis tanah yang memiliki potensi likuifaksi adalah jenis tanah dengan ukuran 0.075 mm yaitu tanah lanau (*silt*) dengan sifat kohesif atau lengket dan tanah pasir (*sand*) dengan sifat non-kohesif atau tidak lengket. Kedua tanah tersebut meskipun berbeda jenis namun memiliki persamaan yaitu merupakan jenis tanah yang tidak padat.

Pada umumnya, tanah terdiri dari 3 komponen utama, yaitu air, udara

dan bahan padat. Air sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah karena jika rongga pada tanah tersebut terisi oleh air sepenuhnya, maka tanah akan dikatakan dalam kondisi jenuh. Sedangkan tanah dengan kondisi jenuh sangat berbahaya bagi bangunan di atasnya karena hal tersebut merupakan salah satu parameter.

Salah satu penyebab tanah menjadi jenuh adalah intensitas curah hujan yang tinggi dan terjadinya gertaran secara terus menerus yang cepat. Komponen air akan masuk kedalam bagian tanah yang tidak padat sehingga menyebabkan tanah menjadi mengembang. Selain itu, proses pemadatan tanah yang tidak dilakukan dengan benar saat pekerjaan konstruksi berlangsung juga dapat menyebabkan tanah menjadi rentan dimasuki oleh air.

2.5. Pembentukan Tanah

Tanah adalah kombinasi mineral dan unsur organik yang berbentuk padat, gas, dan berair. Tanah terdiri dari lapisan partikel yang berbeda dari bahan aslinya dalam sifat fisik, mineralogi, dan kimia, karena interaksi antara atmosfer dan hidrosfer atau sebab lainnya. Partikel tanah terbentuk dari batuan yang pecah yang telah berubah karena efek kimia dan lingkungan, termasuk cuaca dan erosi. Partikel tanah tersusun secara longgar, menciptakan formasi tanah yang terdiri dari ruang pori. Kohesivitas, daya gesekan, keasaman tanah, dan faktor terkait lainnya dapat dengan mudah ditentukan dengan mengetahui tentang jenis tanah yang harus dihadapi. Kita tidak bisa menarik kesimpulan konkret hanya dengan melakukan studi tanah tapi kita pasti bisa mempersempit parameter penelitian kita dengan mempelajari karakteristik dasar tanah seperti warna, tekstur, dan sifat tanah.

Tanah terdiri dari berbagai fase padat, cair, dan gas, dimana karakteristiknya

bergantung pada perilaku fase interaksi ini, dan pada tegangan yang diterimanya. Fasa padat meliputi tanah liat, mineral non-tanah liat, dan bahan organik. Unsur-unsur ini dikategorikan menurut ukurannya seperti tanah liat, pasir, dan kerikil. Fasa cair terdiri dari air yang mengandung senyawa organik yang tersedia dari tumpahan kimiawi, limbah, dan air tanah, sedangkan fasa gas biasanya udara. Ukuran, bentuk, sifat kimia, kemampuan kompresibilitas, dan daya dukung muatan partikel tanah ditentukan oleh mineralogi tanah, yang merupakan ilmu yang terkait dengan kimia, struktur, dan sifat fisik mineral. Struktur tanah tergantung pada susunan partikel, kelompok partikel, ruang pori, dan komposisinya. (Darwis, 2018)

2.6. Konsistensi Tanah

Apabila tanah berbutir halus mengandung mineral lempung, maka tanah tersebut dapat diremas – remas (*remolded*) tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap (*adsorbed water*) di sekeliling permukaan dari partikel lempung. Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Bilamana kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dipisahkan ke dalam empat keadaan dasar, yaitu : padat, semi padat, plastis, dan cair.

Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air di mana transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis terjadi dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair

dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas – batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg limits*).

2.7. Struktur Tanah

Struktur tanah didefinisikan sebagai susunan geometrik butiran tanah. Di antara faktor – faktor yang mempengaruhi struktur tanah adalah bentuk, ukuran, dan komposisi mineral dari butiran tanah serta sifat dan komposisi dari air tanah. Secara umum, tanah dapat dimasukkan ke dalam dua kelompok yaitu: tanah tak berkohesi (*cohesionless soil*) dan tanah kohesif (*cohesive soil*). Struktur tanah untuk tiap – tiap kelompok akan diterangkan di bawah ini.

2.7.1. Struktur Tanah Tak Berkohesif

Struktur tanah tak berkohesi pada umumnya dapat dibagi dalam dua kategori pokok struktur butir tunggal (*single-grained*) dan struktur sarang lebah (*honeycombed*). Pada struktur butir tunggal, butiran tanah berada dalam posisi stabil dan tiap – tiap butir bersentuhan satu terhadap yang lain. Bentuk dan pembagian ukuran butiran tanah serta kedudukannya mempengaruhi sifat kepadatan tanah. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang variasi angka pori yang disebabkan oleh kedudukan butiran, perhatikan suatu susunan yang terdiri dari butiran yang bulat dan berukuran sama.

Untuk suatu susunan dalam keadaan yang sangat lepas, angka pori adalah 0,91. Tetapi, angka pori berkurang menjadi 0,35 bilamana butiran bulat dengan ukuran sama tersebut diatur sedemikian rupa hingga susunan menjadi sangat padat. Keadaan tanah asli berbeda dengan model di atas karena butiran tanah asli tidak mempunyai bentuk dan ukuran yang sama

2.7.1. Struktur Tanah Kohesif

Untuk dapat mengerti dasar dari struktur tanah kohesif, perlu diketahui tipe dari gaya – gaya yang bekerja antara butir-butir tanah lempung yang terlarut dalam air. Dalam bab terdahulu telah dibahas tentang muatan negatif pada permukaan butir tanah lempung dan lapisan ganda terdifusi (*diffuse double layer*) yang mengelilingi tiap-tiap butir. Bilamana dua butiran lempung dalam larutan terletak berdekatan satu terhadap yang lain, lapisan ganda terdifusi dari kedua butiran tersebut akan menyebabkan gaya tolak-menolak.

2.8. Tanah Lunak

Tanah lunak mengandung mineral-mineral lempung dan mengandung kadar air yang tinggi. Di Indonesia tanah lunak terdapat pada area lebih dari 20 juta hektar artinya lebih dari 10% dari daratan Indonesia. Tanah lunak umumnya memiliki sifat kompresibilitas yang tinggi, permehabilitas yang rendah, penurunan konsolidasi yang besar, sudut geser dalamtanah dan daya dukung yang rendah. Lapisan tanah disebut lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*slit*) yang mempunyai harga pengujian penetrasi standar (*Pstandard Penetration Test*) N yang lebih kecil dari empat atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Lapisan tanah pasir dalam keadaan lepas juga dapat digolongkan tanah lunak bila mempunyai harga N kurang dari 10. (Darwis, 2008).

2.8.1. Karakteristik Tanah Lunak

Karakteristik tanah lunak adalah kondisi tanah yang mengandung kadar air yang tinggi, ukuran butiran yang kecil serta memiliki gradasi butiran yang buruk, koefisien permeabilitas yang kecil dan memiliki daya

dukung yang rendah. Ketika tanah lunak diberi beban bangunan konstruksi maka tanah lunak akan mengalami deformasi seperti kerusakan tanah pondasi. Meskipun intensitas beban kurang dari daya dukung kritis, dalam jangka waktu yang lama penurunan akan terus meningkat yang akhirnya menyebabkan kerusakan pada konstruksi. Sifat seperti ini sangat tidak menguntungkan untuk dijadikan sebagai lapisan tanah dasar.

Tabel 4. 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

2.8.2. Tipe-tipe tanah lunak

Sistem USDA (*U.S Department of Agriculture*) membagi tanah menjaditiga kelompok utama yaitu tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus, dan tanahdengan kandungan organik yang tinggi. Dalam dasar – dasar mekanika tanah tentang Sistem Klasifikasi Tanah Lunak, tanah berbutir halus dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan kandungan organiknya. Dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Tanah berdasarkan tekstur tanah (Darwis, 2018)

Ukuran Butiran (mm)	Kelompok Tanah
2,0 – 0,05	Pasir Lanau
0,05 – 0,002	Lempung
< 0,002	

Tipe –tipe tanah lunak dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Tanah Organik

Tanah organik (o) dikelompokkan berdasarkan kandungan organiknya yaitu 25% - 75%. Tanah organik dikelompokkan dalam OL dan OH berdasarkan dari plastisitasnya, dimana $L = low\ plasticity$ (plastisitas rendah, $LL < 50$) dan $H = high\ plasticity$ (plastisitas tinggi, $LL > 50$).

2. Tanah Inorganik Berbutir Halus

Berdasarkan sistem USDA, tanah berbutir halus dibagi dalam sub kelompok sebagai lempung (C) dan lanau (M). lanau merupakan tanah berbutir halus memiliki batas cair dan indeks plastisitas. Hubungan antara konsisten dan kuat tekan bebas (q_u) untuk tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6. Hubungan antara konsistensi dan kuat tekan bebas (q_u) (Hadiyatmo, 2016).

Konsistensi	q_u (Kn/m ²)
Sangat Lunak	< 25
Lunak	25 – 50
Sedang	50 -100
Kaku	100 - 200
Sangat Kaku	200 - 400
Keras	400

Tanah jenis lempung mengandung kadar air yang tinggi, menyebabkan kuat geser rendah. Dalam rekayasa geoteknik istilah “lunak” dan “sangat lunak” defenisinya dapat dilihat pada Tabel 7 .

Tabel 7. Indikator kuat geser tak terdrainase tanah lempung lunak (Paduan Geoteknik 1, 2016).

Konsistensi	Indikator Lapangan
Lunak	Bisa dibentuk dengan mudah menggunakan tanah
Sangat Lunak	Jika diremas akan keluar dari kepalan tangan

3. Gambut

Gambut merupakan jenis tanah yang memiliki kadar air organik 75%.

Berdasarkan kandungan seratnya, tanah gambut dikelompokkan menjadi dua kelompok, ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kadar serat (Paduan Geoteknik 1, 2016).

Kadar Serat	Kelompok Gambut
< 20%	Berserat (fibros)
> 20%	Armoft

2.9. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (*kohesif*) dan sangat lunak. (Terzaghi, 1987).

Tanah Lempung Menurut (Das,1985) Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-pertikel dari mika, mineral mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus

lain. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air dan memiliki sifat elastis yang kuat. Lempung juga menyusut saat kering dan memuai saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau "pecah-pecah" bila kering.

Menurut Chen (1975), mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu *montmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite*. Mineral *montmorillonite* mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral yang lainnya, Sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Struktur *kaolinite* terdiri dari unit lapisan silica dan aluminium yang diikat oleh *ion hydrogen*, *kaolinite* membentuk tanah yang stabil karena strukturnya yang terikat teguh mampu menahan molekul-molekul air sehingga tidak masuk kedalamnya.

2.9.1. Sifat Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1999) :

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

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum dari

pada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo,1999).

2.10. Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut :

1. Menurut Kreb dan Walker (1971), dalam arti luas, tujuan stabilisasi tanah meliputi perlakuan tanah dimana dibuat lebih stabil.
2. Menurut Bowles (1989), stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan mekanis dan bahan pencampur (*additiver*).
3. Menurut Hardiyatmo (2010), dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah.

Kesimpulan yang dapat diambil adalah stabilisasi tanah merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut kemampuannya menjadi lebih baik baik secara mekanis maupun dengan cara menggunakan bahan tambah. Hal tersebut dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi apapun yang akan dibangun di atasnya.

Prinsip usaha stabilitas tanah adalah menambah kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan dapat diperkecil atau membuat tanah menjadi lebih stabil dalam menerima beban yang dapat dikaji terjadinya tegangan dan regangan

tanah.

2.11. 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

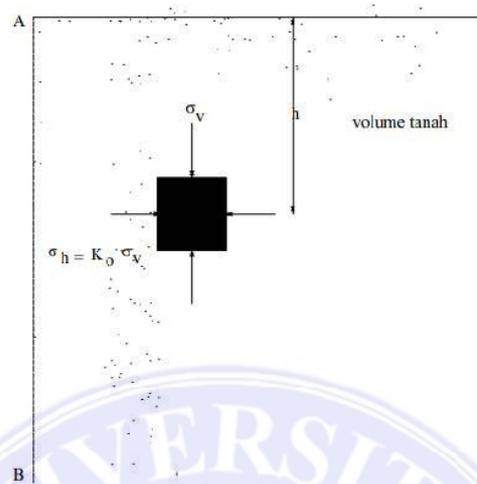
dinding, gaya gempa, gaya benturan gelombang, dan lain-lainnya. Pada analisis perhitungan dinding penahan tanah yang umumnya didasarkan bahwa dinding bergerak secara lateral yaitu dengan cara menggeser serta berotasi terhadap kaki dinding, sehingga kuat geser tanah di belakang dinding sepenuhnya termobilisasi. Dalam kondisi ini, tekanan lateral tanah memenuhi teori-teori Rankine atau Coulomb” (Wiswara, 2012).

2.11.1. Tekanan tanah dalam keadaan diam

Pembentukan tanah berasal dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapan tanah mengalami konsolidasi karena pengaruh tekanan *overburden* (σ_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 σ_h . Setelah waktu yang lama, konsolidasi dan rangkak (*creep*) arah vertikal dan lateral menjadi nol. Pada keadaan ini telah terjadi kedudukan tegangan-tegangan yang telah setabil, dengan σ_v dan σ_h menjadi tegangan-tegangan efektif utamanya. Karena tidak ada perubahan letak (*displacement*), maka tidak ada tegangan geser yang terjadi pada bagisn 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, 2015).

Dapat dilihat massa tanah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3. 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 3. Tekanan tanah dalam keadaan diam (Das, 2016)

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 $\sigma_v = \gamma z$, maka

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

Dimana :

K_0 = koefisien tekanan tanah saat diam

σ_h = tegangan horizontal

σ_v = tegangan vertikal

γ = berat volume

ζ = kedalaman dari muka tanah

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

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

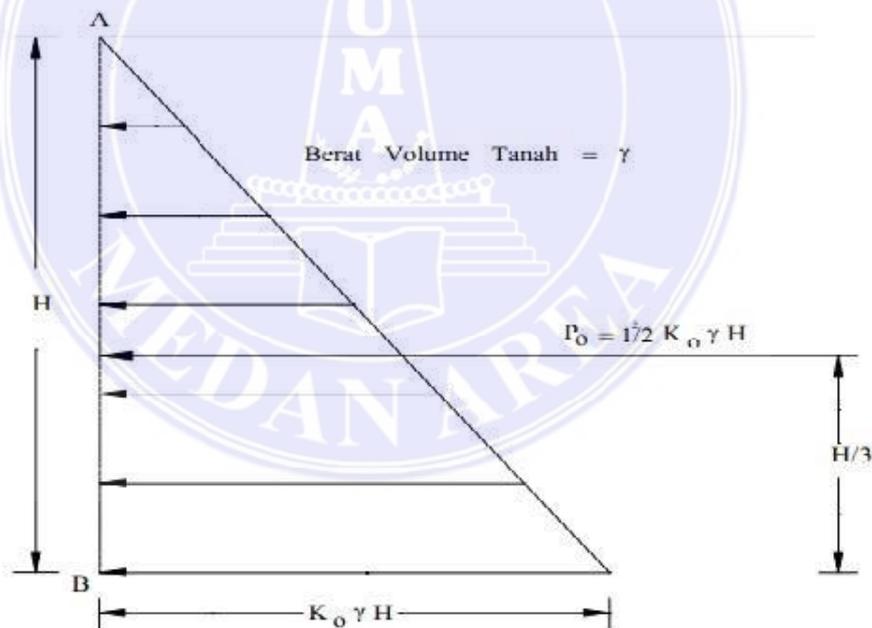
Dimana:

K_0 = koefisien tekanan tanah saat diam

P_0 = gaya total per satuan lebar dinding

γ = berat volume

H = tinggi dinding penahan

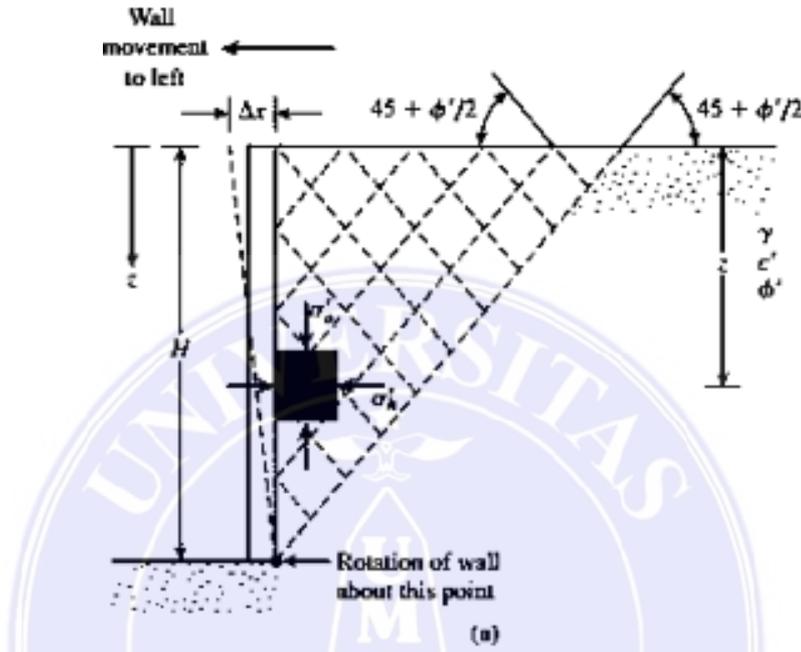


Gambar 4. Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (Das, 2016)

2.11.2. 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 $\gamma z_c K_a - 2c' = 0 \Rightarrow z_c = \frac{2c'}{\gamma K_a}$



Gambar 5. Tekanan Aktif Rankine (Das, 2016)

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:

$$\begin{aligned} Pa &= \int_0^H \sigma'_a H_0 dz \\ &= \int_0^H (\gamma z K_a - H_0^2 c' K_a) dz \end{aligned}$$

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c' K_a H_0$$

Dengan:

γ = massa jenis tanah

c'' = nilai kohesi tanah

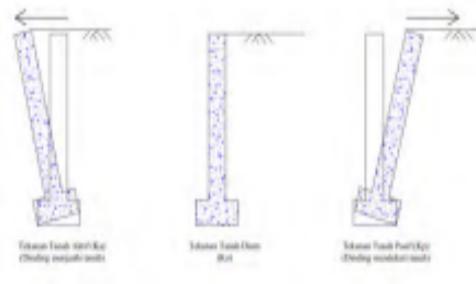
K_a = koefisien tekanan aktif Rankine

2.11.3. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan Tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan dan dinding turap (*sheet pile wall*), galian yang diperkokoh (*braced excavation*) dan galian tidak diperkokoh (*unbraced excavation*), tekanan tanah (*grain pressure*) pada dinding diafragma, dan lain-lain. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Joseph E. Bowles, 1988). Tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

- a. Jika dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam (K_0)
- b. Jika dinding bergerak menekan kearah tanah hingga runtuh, koefisien K mencapai nilai maksimum yang disebut tekanan tanah pasif (K_p)
- c. Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, maka nilai K mencapai minimum yang disebut tekanan tanah aktif (K_a).

Pergerakan dari 3 jenis tekanan tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 seperti yang di bawah ini.



Gambar 6 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding
(Weber,2016)

2.12. Cone Penetration Test (CPT)

Uji sondir atau dikenal dengan uji penetrasi kerucut statis banyak digunakan di Indonesia. Pengujian ini merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau hambatan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo, 1992). Pada uji sondir, terjadi perubahan yang kompleks dari tegangan tanah saat penetrasi sehingga hal ini mempersulit interpretasi secara teoritis. Dengan demikian meskipun secara teoritis interpretasi hasil uji sondir telah ada, dalam prakteknya uji sondir tetap bersifat empiris (Rahardjo, 2008).

Keuntungan uji sondir (Rahardjo, 2008) :

1. Cukup ekonomis dan cepat.
2. Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relatif hampir sama.
3. Korelasi empirik yang terbukti semakin andal.
4. Perkembangan yang semakin meningkat khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik.

Kekurangan uji sondir :

1. Tidak didapat sampel tanah.
2. Kedalaman penetrasi terbatas.
3. Tidak dapat menembus kerikil atau lapis pasir yang padat.

Parameter sifat – sifat tanah yang diperoleh cara pendekatan menggunakan *cone penetration test* (CPT) pada tanah asli undisturb di lokasi proyek. Lain halnya sampel tanah dari boring jelas sudah terganggu (*disturb*). Nilai *effective friction angle* cara pendekatan menggunakan *cone resistance qc* *Cone Penetration Test* dan cara data sampel tanah dengan boring terdapat perbedaan yang tidak begitu significant. Selisih perbedaan sebesar 4.2 % untuk nilai *effective friction angle* (ϕ). Metode untuk mencari parameter sifat – sifat tanah pada penelitian ini dapat diperoleh dengan cepat dan mudah hanya berdasarkan nilai *cone penetration qc* dari uji *Cone Penetration Test* (CPT). Berarti parameter sifat – sifat tanah dimungkinkan untuk diperoleh dengan cara ini untuk setiap titik uji *Cone Penetration Test* (CPT) dan disetiap strata tanah. (Lulie dan Suryadharna, 2007)

Cone Penetration Test (CPT) adalah peralatan yang tepat untuk digunakan selama pembangunan untuk memutuskan jika galian fondasi sudah selesai dan terdapat keraguan sifat – sifat tanah yang tidak diperoleh saat penyelidikan awal rencana. Spesifikasi pembangunan seharusnya mengizinkan insinyur menggunakan *Cone Penetration Test* (CPT) atau peralatan test lainnya untuk mengatasi masalah yang ada (*US Department of Agriculture, 1984*). Secara prinsip hasil dari *Cone Penetration Test* (CPT) dapat digunakan untuk mengevaluasi : *soil stratification, soil density, shear strength parameters*. Hasil

dari *Cone Penetration Test* (CPT) juga dapat juga digunakan secara langsung untuk desain fondasi tiang pada tanah pasir dan bebatuan (*gravel*).

Secara langsung dapat digunakan parameter shear strength untuk fondasi tiang 8 pada tanah lempung (*clay*). Sejak *Cone Penetration Test* (CPT) dipandang sebagai suatu alat yang efektif untuk desain pile dan mempunyai kemiripan proses penetrasi pada pile (Borghi, 2001). *Uji Cone Penetration Test* (CPT) (ASTM D-3441) adalah suatu metode penaksiran stratigrafi lapisan di bawah permukaan (*stratigraphy subsurface*) yang berhubungan dengan material lunak, material organik (*peat*), material – material yang berpotensi mudah mencair (*liquefiable*) seperti : lempung, pasir, dan batuan bulat dan tanah longsor (*landslides*) (Sanglerat, 1972).

2.13 Dinding Penahan Tanah

Retaining wall atau juga biasa disebut dinding penahan tanah adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak. Dinding penahan tanah merupakan konstruksi untuk menahan tekanan tanah lateral (Febe & Sasongko, 2019). Menurut Nur & Hakam (2010).

Dinding penahan tanah adalah bangunan yang berfungsi menstabilkan kondisi tanah tertentu, yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Jenis konstruksi dinding penahan tanah antara lain pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur yang direncanakan dan dibangun untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil, sehingga

dinding penahan tanah aman terhadap pergeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah. Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak (Ramdhani et al., 2017).

Dinding penahan tanah adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alami, menahan atau menopang timbunan tanah atau ongkongan material lainnya.

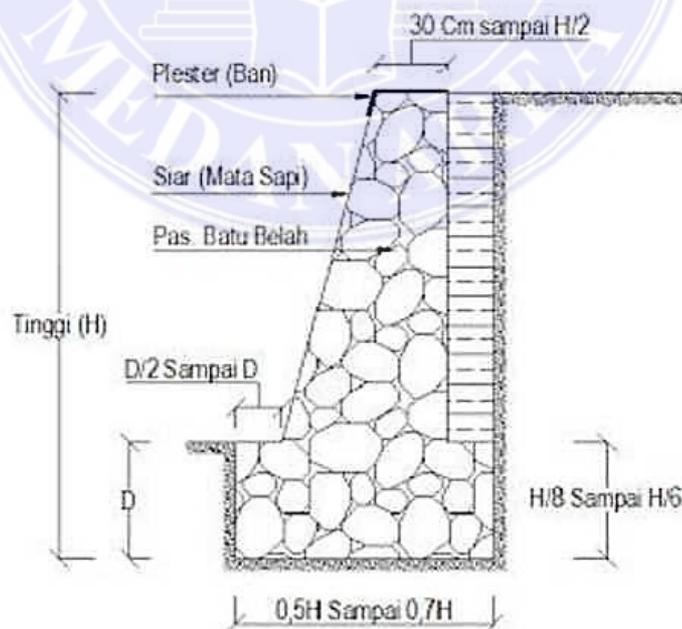
Menurut Sofyan dan Frizaldi (2017) dinding penahan tanah (*retaining wall*) dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Dinding penahan tanah gravitasi (*gravity wall*) Penggunaan dinding penahan tanah ini biasanya digunakan untuk menahan tanah pada lereng yang terlalu tinggi dan pada tepi sungai. Dinding penahan tanah jenis ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, walaupun kadang beberapa dibuat dengan beton bertulang namun sedikit
2. Dinding penahan tanah kantilever (*Cantilever wall*) Dinding penahan tanah ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan tanah dan berat tanah diatas tumit tapak (hell). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6– 7 meter.
3. Dinding penahan tanah konterfort (*counterfort wall*) Dinding tipe ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding

pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat).

4. Dinding penahan tanah butters (*butters wall*) Dinding buttress hampir sama dengan dinding *konterfort*, hanya bedanya bagian *konterfort* diletakkan di depan dinding. Pada tipe ini, struktur konterfort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki.

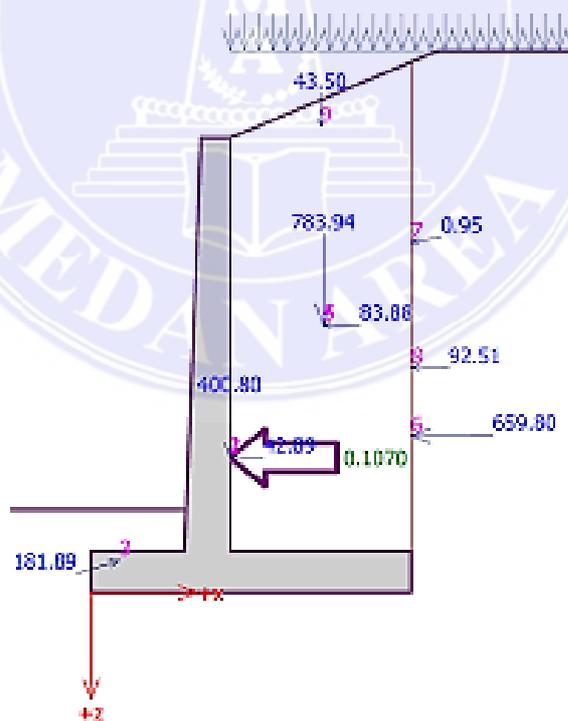
Dinding atau dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun ditempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu. Bila jalan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau tanah paya, dinding penahanitu dibangun untuk melindungi kemiringan tanahdan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh. Dapat dilihat dinding penahan tanah pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Dinding Penahan Tanah (Kurniawan dkk, 2022)

2.14 Dinding Penahan Kantiliver

Dinding penahan tipe katilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertical dan tapak lantai. Masing-masing berperan sebagai balok atau pelat katilever. Stabilitas konstruksi diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atastumit tapak (hell). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai katilever, yaitu bagian dinding vertikal (steem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter, untuk ketinggian dinding lebih dari 7 meter maka ada tambahan penyangga di belakngnya yg di sebut *counterfort*. Karena dinding penahan jenis ini relatif ekonomis dan juga relatif mudah dilaksanakan, maka jenis ini juga dipakai dalam jangkauan yang luas. Dinding Penahan Tanah Katilever dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 8. Dinding Penahan Tanah Katilever (Aswanto,2019)

2.14.1 Dimensi Dinding Penahan Tanah Kantilever

Pada waktu perancangan struktur beton bertulang, diperlukan dimensi pendahuluan dari masing-masing bagian dinding penahan. Dimensi atau ukuran ini hanya dipakai sebagai arahan pada permulaan perhitungan. Ukuran yang lebih besar atau lebih kecil dari ukuran pendahuluan dapat dipergunakan asal memenuhi persyaratan stabilitas, kekuatan, dan kelayakan menurut ketentuan yang telah ditetapkan.

2..14.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Stabilitas dinding penahan tanah adalah kemampuan dinding untuk menahan tekanan lateral tanah, yang terjadi ketika terdapat perubahan dalam elevasi tanah yang melebihi sudut geser dalam tanah. Untuk mengetahui stabilitas dinding penahan tanah, besar nilai tekanan lateral tanah dan kedalaman penggalian sangat diperhatikan. Stabilitas dinding penahan tanah juga dapat diukur dengan menggunakan program bantu seperti PLAXIS 2D. (Hotasi, Christian Sakti, 2019).

2..15 Faktor-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 dorong, 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.

2.16 Beton *Counterweight* Sebagai Alternatif Optimalisasi

Beton *Counterweight* merupakan komponen struktural hal terpenting dalam sebuah bangunan turap (Ervianto, 2006). Beton *Counterweight* berguna sebagai penambahan perkuatan serta pencegahan akibat daya guling (*Horizontal*) akibat tanah yang bergerak dan sekaligus penambahan umur

rencana turap yang dibuat. Beton *Counterweight* dalam pembuatannya pastinya merencanakan terlebih dahulu, semua pekerjaan beton dilakukan secara precast maupun insitu dengan merangkai tulangan *Counterweight* yang dibuat sesuai rencana.

Menurut (Ervianto, 2006) kelebihan penambahan beton *Counterweight* yaitu sebagai berikut:

1. Menjaga Stabilitas turap.
2. Mencegah terjadinya longsor.
3. Menambah umur turap.

Beton *Counterweight* mempunyai kelemahan yaitu sebagai berikut:

1. Dibutuhkan tenaga kerja yang relatif lebih banyak sehingga lebih mahal.
2. Pekerjaan dalam pembangunan membutuhkan lahan yang sangat luas.
3. Saling bergantung secara berurutan dengan pekerjaan yang lain.
4. Dipengaruhi oleh cuaca, apalagi jika hujan pekerjaan pengecoran/penanaman tidak dapat dilakukan.

Beton *Counterweight* dikerjakan dengan menggunakan *Excavator* sebagai alat bantu penggali khusus untuk menggali tanah hingga di kedalaman yang di inginkan, sehingga penanaman *Counterweight* bisa berjalan sesuai rencana yang diinginkan. Cara kerja counterweight sangat sederhana. Ketika sebuah benda tidak seimbang atau terlalu berat di satu sisi, massa tambahan ditempatkan di sisi yang berlawanan untuk menyeimbangkan beban. Massa tambahan ini kemudian menciptakan momen yang berlawanan dengan momen yang disebabkan oleh beban utama.

2.17 Turap / Sheet Pile

Sheet pile (turap) merupakan suatu perkuatan yang disusun menyerupai bentuk dinding yang berfungsi sebagai penahan tebing, penahan galian sementara bangunan-bangunan di pelabuhan, penahan tanah sekitar tepian sungai atau laut dan lain-lain. Material yang digunakan dalam *sheet pile* ada beberapa macam, yaitu *sheet pile* dari material kayu, *sheet pile* dari material beton, *sheet pile* dari bahan baja (*steel*). *Sheet pile* disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya sesuai dengan kebutuhan perencana. Fungsi *sheet pile* sebagai penahan tanah, maka konstruksi ini digolongkan juga sebagai jenis lain dari dinding penahan tanah (*retaining walls*).

Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*). *Sheet pile* dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya serta jenis material yang digunakan. Material *sheet pile* yang biasa digunakan dalam konstruksi adalah sebagai berikut:

1. *Sheet Pile* dari Material Beton

Sheet pile dari material beton merupakan balok-balok beton bertulang yang dicetak dengan bentuk khusus sebelum dipasang yang bertujuan agar balok-balok tersebut dapat saling mengikat satu sama lain pada saat penyusunannya. Sambungan *sheet pile* beton sering diberi tambahan pada celah-celah sambungan agar dinding turap kedap air.

Tiang turap beton pracetak adalah untuk konstruksi berat yang dirancang dengan tulangan untuk menahan beban permanen setelah

konstruksi dan juga untuk menangani tegangan yang dihasilkan selama konstruksi. Penampang tiang-tiang ini adalah sekitar 500 hingga 800 mm lebar dan tebal 150 hingga 250 mm.



Gambar 9. *Sheet Pile* Beton (Perwira dkk, 2021)

2. *Sheet Pile* dari Material Baja

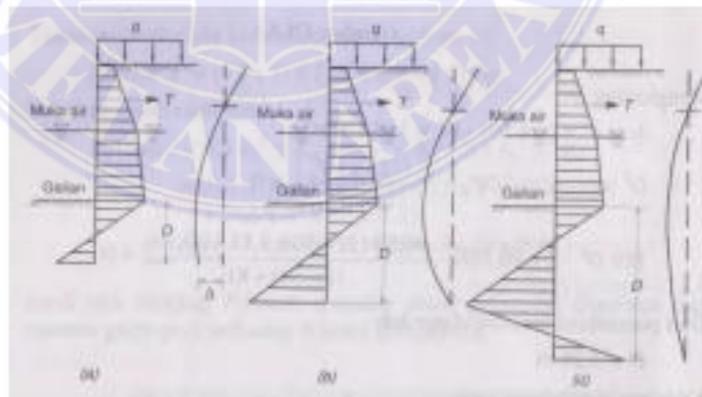
Sheet pile dengan material ini paling sering dipakai karena memiliki kekuatan merata, berat sendiri yang relatif ringan dan waktu penggunaan yang relatif tahan lama. *Sheet pile* jenis ini memiliki sifat korosif, oleh karena itu penggunaannya perlu dipertimbangkan dengan baik. Interlok pada tiang turap dibentuk seperti jempol-telunjuk atau bola-keranjang untuk hubungan yang ketat untuk menahan air.



Gambar 10. *Sheet Pile* Baja (Perwira dkk, 2021)

3. Turap Diangker

Untuk menahan beban-beban lateral yang besar, yaitu bila tanah yang ditahan oleh turap sangat tinggi, maka dinding turap diperkuat dengan suatu plat jangkar (anchor plates), dinding jangkar (anchor walls), atau tiang jangkar (anchor piles), yang letaknya dekat dengan puncak turap. Cara dengan perkuatan jangkar ini disebut dengan tiang turap berjangkar (anchored sheet piling) atau sekatan berjangkar (anchored bulkhead). Jangkar akan mengurangi kedalaman penetrasi yang diperlukan oleh turap dan juga akan mengurangi luas penampang dan berat yang diperlukan dalam konstruksi. Antara turap dan jangkar dihubungkan oleh batang penguat (*tie rods*). Distribusi tekanan pada turap diangker menjadi tidak sama dengan distribusi tekanan pada dinding turap kantilever. Hubungan antara kedalaman penembusan turap, distribusi tekanan lateral, dan garis perubahan bentuknya diperlihatkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh Kedalaman Turap Pada Distribusi Tekanan Dan Perubahan (Hardiyatmo,2017)

2.17.1. Tipe Dinding Turap

Turap merupakan konstruksi yang digunakan untuk menahan tanah pada kelilingnya, meminimalkan kemungkinan terjadinya kelongsoran, pada umumnya

terususun atas dinding turap yang di sangga. Dalam merencanakan turap harus mengetahui komdisi lapangan diantaranya kontur topografi, geology, komposisi lapisan tanah, kondisi bangunan – bangunannya sudah berdiri dan nilai tekanan eksternal semacam tekanan yang diakibatkan oleh air agar turap yang didesain mempunyai kemampuan tahanan tanah disekelilingnya sesuai dengan perencanaan yang dilakukan. Dalam pengaplikasian di lapangan, tipe turap terdiri dari 2 tipe, yaitu :

1. Dinding Turap Kantiliver

Pada dinding turap tipe kantiliver, tahanan terhadap beban lateral hanya bergantung pada tahanan tanah yang berada di depan dinding sehingga pada pemakaian turap tipe kantiliver defleksi lateral yang terjadi cukup besar. Hal ini dikarenakan momen lentur yang timbul pada luas penampang bahan turap yang diperlukan mengalami pembesaran susai elevasi tanah yang ditahan, turap tipe kantiliver hanya bias digunakan dalam menahan tanah dengan ketinggian sedang.

2. Dinding Turap dengan Blok Angker

Tipe dinding turap dengan blok angker cocok dalam menahan tebing galian yang dalam, akan tetapi masih bergantung pada kondisi laposan tanah. Dalam menahan beban lateral yang timbul akibat tekanan tanah, dinding turap ini mengandalkan tahanan yang muncul pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dan di bantu oleh angker yang dipasang pada bagian atasnya. Besarnya tekanan tanah mempengaruhi kedalaman turap yang tertanam tanah. Pada kondisi dinding turap yang tinggi, dibutuhkan turap berbahan baja atau beton dengan mutu tinggi.

3. Dinding Turap *Ground Anchor*

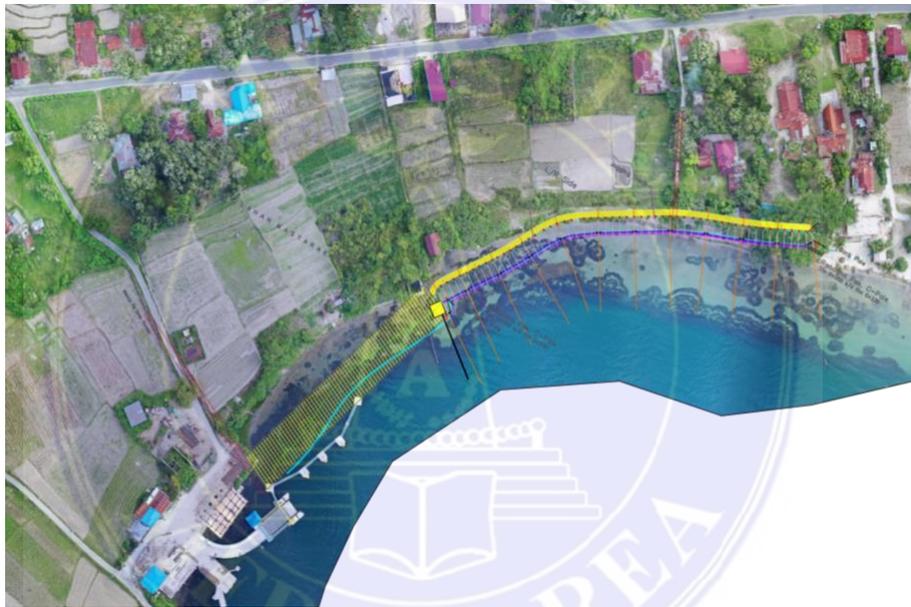
Ground anchor mempunyai segmen fundamental untuk mentransfer regangan tarik (*tensile force*) berasal struktur utama dalam tanah. Dalam penopang gaya tarik *ground anchor* memakai kuat geser dari tanah untuk sekaligus menjadi ikatan *ground anchor* terhadap tanah. Struktur *ground anchor* umumnya terbuat oleh baja tendon dengan mutu tinggi yang ditempatkan pada sudut kemiringan tertentu dan kedalaman yang dibutuhkan dalam menopang berat yang timbul.



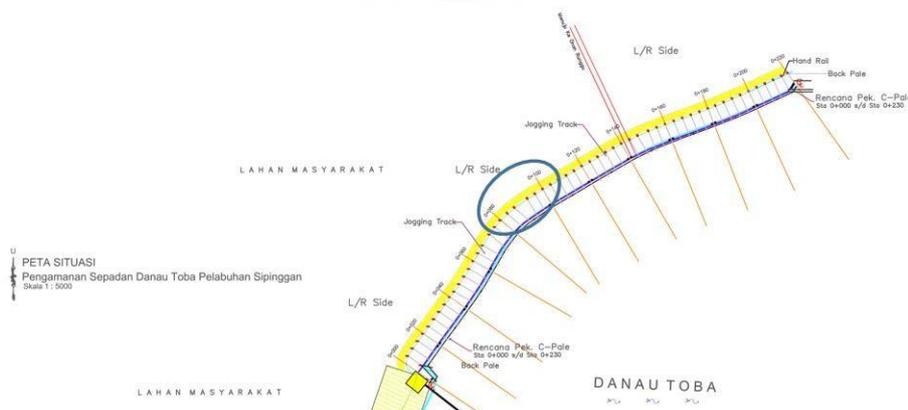
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

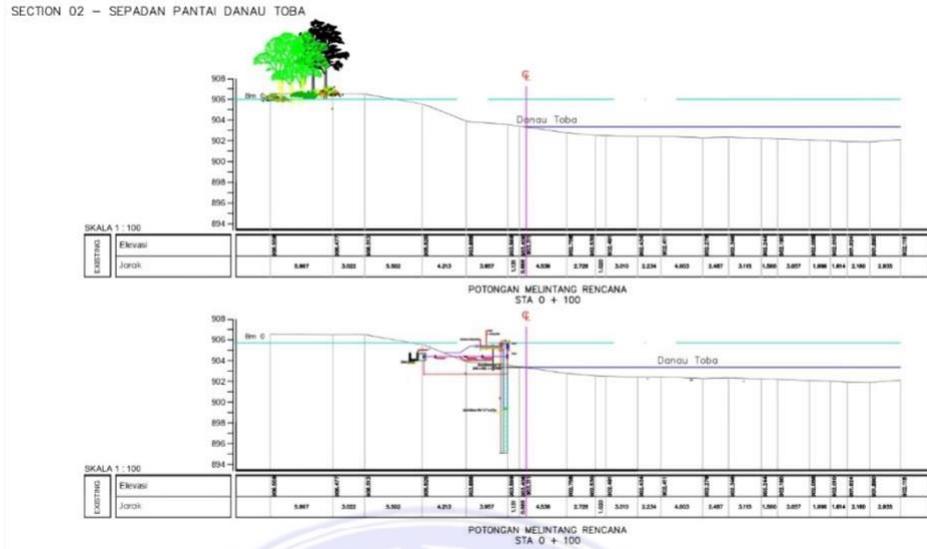
Penelitian ini dilakukan pada Konstruksi Pengaman Sempadan Danau Toba. Berlokasi di Desa Sipinggán, Kec. Nainggolan, Kabupaten Samosir, Provinsi Sumatera Utara. Berikut adalah gambar lokasi penelitian yang diambil menggunakan *drone*. Untuk lokasi penelitian terletak pada STA 0+100.



Gambar 12. Lokasi Penelitian (Dokumen lapangan , 2023)



Gambar 13. Peta situasi (dokumen lapangan , 2023)



Gambar 14. Cross Section STA 0 + 100 (Dokumen Lapangan , 2023)

Dari data drilling log yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa jenis tanah pada lapisan keras (Hard Rock) adalah lapisan Pasir padat. tidak dijumpai lapisan batuan dancadas. Untuk data *borehole* yang digunakan adalah data *borehole* 1 (BH-1) yang dapat dilihat pada gambar 15.

DRILLING LOG																			
Project : Pekerjaan Konstruksi Pengamanan Sepadan Danau Toba di Kab. Samsir					Location : Kab. Samsir, Prov. Sumatera Utara (Loc. 2)														
Boring No : BH - 1					Bore Machine : SGZ		North Latitude :												
Client :					Engine : YANMAR		East Latitude :												
Company Name : Lay Out :					Pump : Centrifugal		Chief Engineer :												
Ground Elevation :					Implement :		Prepared By :												
Boring Depth : 16.45 m					GWL : 0.40 m		Bore Master : Rinto.P												
Scale	Elev (m)	Tick ness (m)	Depth (m)	Symbol	Description	Depth of UDS/SPT (m)	N ₁	N ₂	N ₃	SN	10	20	30	40	50	60	Method of Sampling	Date	
	0.00	0.00	0.00		Top Soil														
	1.00	1.60	1.60		Deskripsi : Pasir Bercampur Batu Apung Warna : Abu - abu Kecokelatan Kepadatan : Sedang	2.00											SPT	11/06/2023 s.d 12/06/2023	
	2.00					2.45	5	5	7	12							SPT		
	3.00					4.00											SPT		
	4.00				Deskripsi : Pasir Sedang Halus Warna : Abu - abu Kepadatan : Rendah	4.45	3	4	6	10							SPT		
	5.00					5.00											DS		
	6.00	4.15	5.75			5.50											DS		
	7.00				Deskripsi : Pasir Sedikit Lempung Warna : Abu - abu Plastisitas : Rendah	6.00											SPT		
	8.00	0.70	6.45			6.45	1	1	2	3							SPT		
	9.00					7.50											DS		
	10.00				Deskripsi : Pasir Sedang Halus Warna : Abu - abu Cerah Kepadatan : Rendah	8.00	1	2	2	4									SPT
	11.00					8.45											DS		
	12.00	4.75	11.20			9.00											SPT		
	13.00				Deskripsi : Pasir Sedang Warna : Abu - abu Kepadatan : Sedang	9.50													SPT
	14.00	2.45	13.65			10.00	2	2	3	5							SPT		
	15.00				Deskripsi : Pasir Sedang Halus Warna : Abu - abu Kepadatan : Tinggi	10.45													SPT
	16.00	2.80	16.45			12.00	13	15	13	28							SPT		
						14.00	18	26	26	52							SPT		
						14.45											SPT		
						15.00											SPT		
						16.00											SPT		
						16.45	21	25	27	52							SPT		

Gambar 15. Data Drilling Log (Data Laboratorium, 2024)

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan:

1. Metode Observasi

Metode observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan untuk mengamati dan meninjau secara cermat dan langsung di lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi yang terjadi kemudian digunakan untuk membuktikan kebenaran dari desain penelitian yang sedang dilakukan. 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 Lengkap (denah, potongan, detail-detail)
- b. Data laboratorium

3.2 Sumber Data

Adapun sumber data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

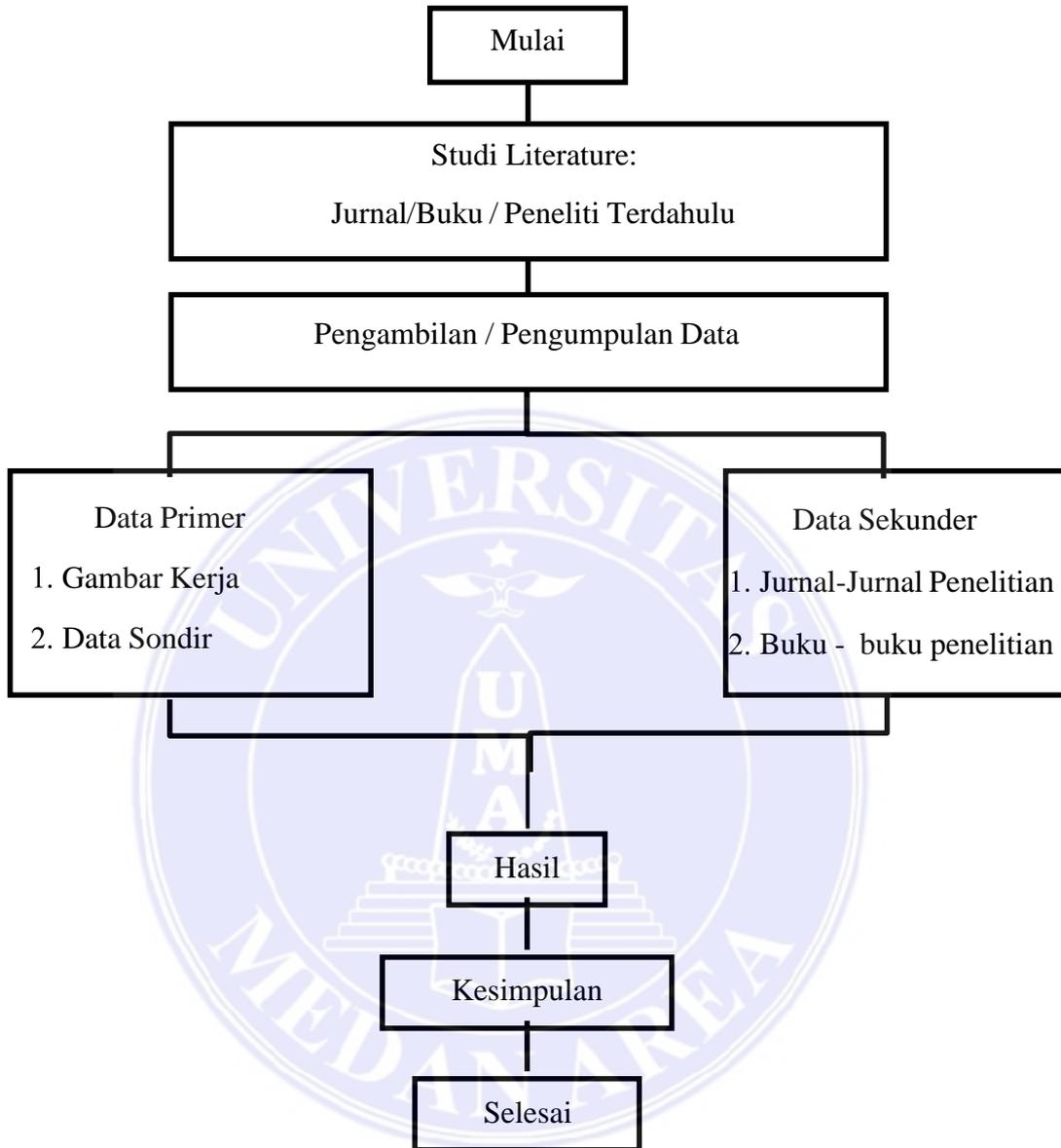
1. Data Primer

Data yang didapat langsung dari lapangan untuk dibuat 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 kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan.

2. Data Sekunder

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

3.3 Kerangka Berfikir Penelitian



Gambar 16. Kerangka Berpikir (Peneliti, 2025)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan terhadap dua sistem perencanaan turap pada proyek pengaman sempadan Danau Toba, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perencanaan turap beton bertulang dengan angkur memiliki kapasitas momen yang besar (1072,40 kNm) dan mampu menahan beban lateral dengan aman. Sistem ini sangat stabil berkat bantuan angkur, meskipun menghasilkan defleksi lateral yang lebih besar dibanding SPP, yaitu 1,10 cm.
2. Perencanaan turap menggunakan Steel Pipe Pile (SPP) menghasilkan defleksi lateral yang lebih kecil, yaitu 0,31 cm, menunjukkan kekakuan struktur yang baik meskipun momen inersianya lebih kecil. Kombinasi baja dan beton menjadikan sistem ini efisien dari sisi pelaksanaan dan kontrol deformasi.
3. Kedua sistem aman terhadap beban yang bekerja, namun memiliki karakteristik teknis yang berbeda. Turap beton bertulang lebih cocok untuk kondisi tanah lunak dengan tekanan lateral tinggi, sedangkan SPP lebih efisien di lokasi dengan kondisi tanah yang cukup kaku dan ruang kerja terbatas.

5.2 Saran

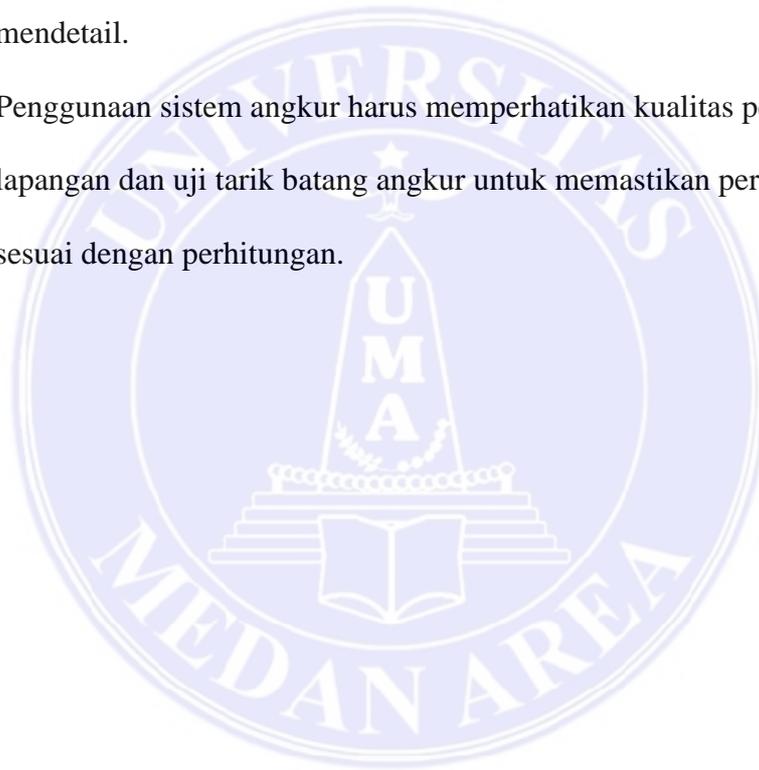
Berdasarkan penelitian ini, penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Pemilihan jenis turap sebaiknya disesuaikan dengan kondisi tanah,

kebutuhan desain struktur, dan kemudahan pelaksanaan di lapangan.

Sistem turap beton bertulang cocok digunakan jika tersedia ruang untuk blok ankur, sedangkan SPP cocok untuk area terbatas dan efisiensi waktu kerja.

2. Untuk hasil yang lebih akurat dan optimal, disarankan melakukan analisis numerik tambahan menggunakan software geoteknik seperti Plaxis atau Geo5 untuk mengevaluasi deformasi dan faktor keamanan secara lebih mendetail.
3. Penggunaan sistem ankur harus memperhatikan kualitas pemasangan di lapangan dan uji tarik batang ankur untuk memastikan performa aktual sesuai dengan perhitungan.

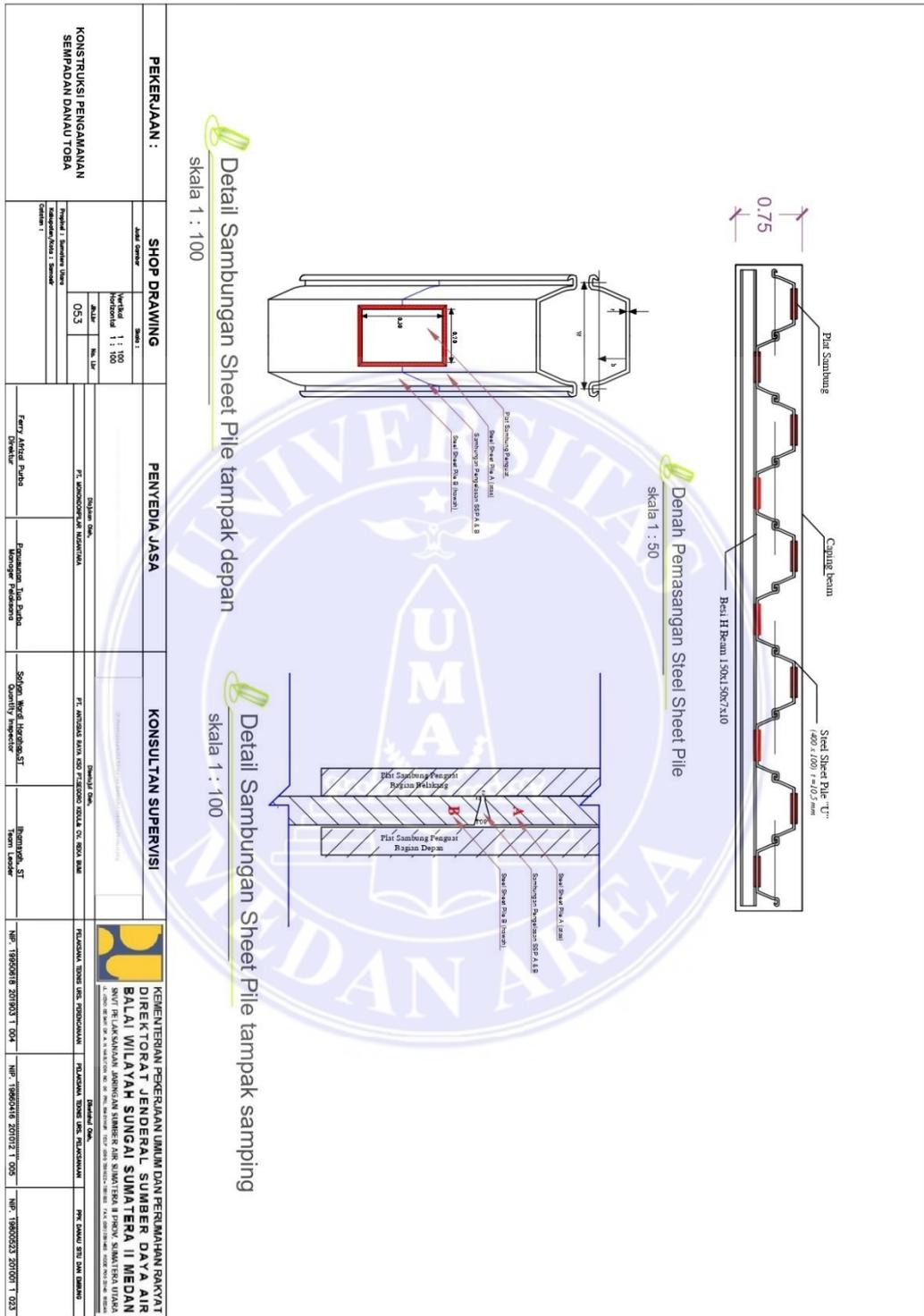


DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. H., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2021). Analisis Perkuatan Soil Nailing pada Lereng Bawah Jembatan Gantung Alas Bayur Kecamatan Mlandingan Kabupaten Situbondo. *Portal : Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 1–11.
- Alyazahari, L., Wicaksono, L. A., & Nurtanto, D. (2022). Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geoframe di Jalan Raya Dampit-Lumajang. *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(1), 59–68.
- Anonim. (2017). SNI 8640-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Berlianty, I., & Arifin, M. (2010). Teknik teknik optimasi Heuristic. Yogyakarta: Graha Ilmu. hal. 9
- Das, B. M. 1995. “Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik.” *Penerbit Erlangga* 1–300.
- Dermawan, Agus., dkk. 2022. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan *Sheetpile* Baja (Studi Kasus: Desa Mekarjaya, Kecamatan Ciomas, KabupatenBogor). *Rona Teknik Pertanian*, 15 (2).
- Handayana, Riska., dkk. 2020. Analisis Dinding Penahan Tanah pada Sungai Brang Biji. *Jurnal Teknik dan Sains* 1 (2).
- Hardiyatmo, H. C, 2002. *Mekanika Tanah I* (3rd ed). Yogyakarta : Gadjah Mada UniversityPress.
- Hotasi, Christian Sakti, dkk. “ Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Denhgan Plaxis 2D”. FTSP Universitas Trisakti. 2019.
- Muhammad Amad Arifin, F. (2019). Tinjauan Nilai Permeabilitas Tanah Tanggul CanalBlocking. *Jurnal GRADASI TEKNIK SIPIL, Volume 3, No. 1.*.
- Najoan. 2002. *Interpretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan Geoteknik*.
- Simatupang, P T. Modul I Jenis Turap dan Turap Cantilever. Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB.

- Simatupang, P T. Modul II Turap Berjangkar . Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB.
- Supit, Donald Donny. 2019. Analisa Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek *Interchange* Manado. Jurnal *Realteach*, 15 (2).
- Utomo, Y. A., Surendro, B., & Yuwana, D. S. A. (2019). Studi Evaluasi Bentuk Longsoran. Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil, 1(1), 1–6.
- Wardani, M. K., Nuciferani, F. T., & Aulady, M. F. N. (2018). Perencanaan Dinding Penahan Tanah untuk Menanggulangi Kelongsoran pada Kompleks Peternakan Ayam di Kecamatan Kandangan, Kediri, Jawa Timur. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 86–93.
- Yanto, F. H., & K, S. (2017). Tinjauan Geoteknik Terhadap Analisa Usulan Perkuatan Lereng (Ruas Jalan Jatimalang - Karanggede BTS Jateng, STA 2+250). *Rekayasa Sipil*, 6(1), 41–47.
- Utomo, Y. A., Surendro, B., & Yuwana, D. S. A. (2019). Studi Evaluasi Bentuk Longsoran. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, 1(1), 1–6.
- Wardani, M. K., Nuciferani, F. T., & Aulady, M. F. N. (2018). Perencanaan Dinding Penahan Tanah untuk Menanggulangi Kelongsoran pada Kompleks Peternakan Ayam di Kecamatan Kandangan, Kediri, Jawa Timur. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 86–93.
- Yanto, F. H., & K, S. (2017). Tinjauan Geoteknik Terhadap Analisa Usulan Perkuatan Lereng (Ruas Jalan Jatimalang - Karanggede BTS Jateng, STA 2+250). *Rekayasa Sipil*, 6(1), 41–47.

LAMPIRAN



PEKERJAAN :	SHOP DRAWING	PENYEDIA JASA	KONSULTAN SUPERVISI	 PT. ANINDIA SURTA SOLO KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II MEDAN SNI/PELAKSANAAN JANGKAR SANGKAI SUMATERA II PROV. SUMATERA UTARA
	Nama Gambar Jumlah 1 : 100 Maksimal 1 : 100 A3/L1 No. L1/			
KONSTRUKSI PENGAAMAN SEMPADAN DANAU TOBA	Tanggal 1 Semester Revisi 1 Cetak 1	Nama Perusahaan PT. ANINDIA SURTA SOLO	Nama Perusahaan PT. ANINDIA SURTA SOLO	Nama Perusahaan PT. ANINDIA SURTA SOLO
	Nama Perancang Ferdy Alifur Rofiq	Nama Perancang Ferdy Alifur Rofiq	Nama Perancang Ferdy Alifur Rofiq	Nama Perancang Ferdy Alifur Rofiq

