

**ANALISIS MODULUS GESER TANAH DAN RASIO
REDAMAN BERDASARKAN SPT PADA PROYEK RUMAH
SUSUN DESA SILANGKITANG**

SKRIPSI

OLEH:

**MAWATDA SAFINA
208110039**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 28/10/24

Access From (repository.uma.ac.id)28/10/24

**ANALISIS MODULUS GESER TANAH DAN RASIO
REDAMAN BERDASARKAN SPT PADA PROYEK RUMAH
SUSUN DESA SILANGKITANG**

SKRIPSI

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



Oleh:

**MAWATDA SAFINA
208110039**

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

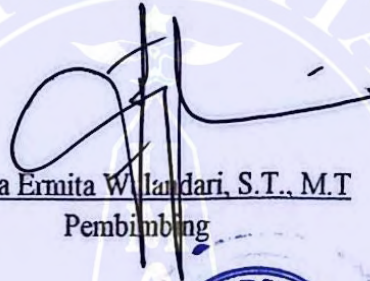
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Modulus Geser Tanah Dan Rasio Redaman Berdasarkan SPT Pada Proyek Rumah Susun Desa Silangkitang
Nama : Mawatda Safina
NPM : 208110039
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



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



Tanggal Lulus : 27 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.

Demikian pernyataan ini 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 : Mawatda Safina
NPM : 208110039
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul Analisis Modulus Geser Tanah Dan Rasio Redaman Berdasarkan SPT Pada Proyek Rumah Susun Desa Silangkitang. Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : Agustus 2024
Yang menyatakan



(Mawatda Safina)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Gunung Tinggi Pada tanggal 10 Februari 2002 dari Ayah Sawalluddin dan Ibu Sumiyati Penulis merupakan putra/i ke 3 dari 4 bersudara. Tahun 2020 Penulis lulus dari SMA Swasta YAPIM Sei Glugur dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi Asisten Laboratorium Mata Kuliah Praktikum Teknologi Bahan pada tahun ajaran 2023. Pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) Pada Proyek Pembangunan Sekolah Maitreya Wira Cemara.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah geoteknik dengan judul Analisis Modulus Geser Tanah Dan Rasio Redaman Berdasarkan SPT Pada Proyek Rumah Susun Desa Silangkitang. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Ir.Tika Ermita Wulandari, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing serta Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Muhammad Fauzan Abiyyu, Yoel Christian, Bobby Ahmad Sarmadi S, Fayza Efrila Asiqin, Nadila Tifani, Raffles Manurung, dan Raviansyah Hartawan Lubis, dan seluruh teman – teman sipil angkatan 20 yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, krtitik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

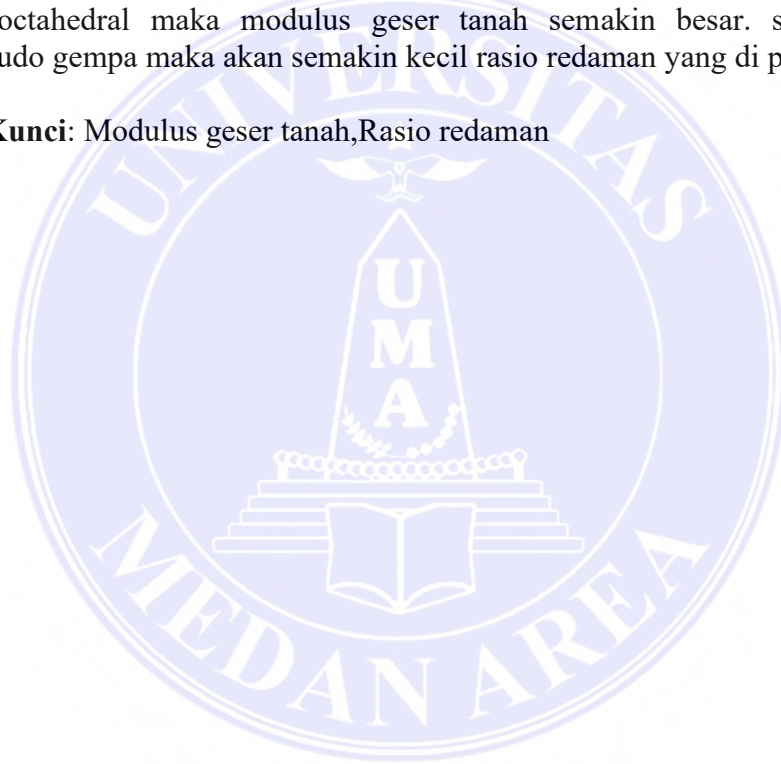
Penulis

(Mawatda Safina)

ABSTRAK

Modulus geser tanah dan rasio redaman merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan struktur geoteknik. Modulus geser tanah adalah ukuran kekakuan tanah terhadap geser atau perubahan bentuk, sedangkan Damping ration (rasio redaman) merupakan salah satu indeks propertis tanah yang penting untuk memprediksi perilaku kontruksi bangunan yaitu berperan terhadap aktivitas isolasi disipasi getaran. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai modulus geser menggunakan persamaan empiris Hardin dan *Black*, dan juga mendapatkan nilai rasio redaman berdasarkan *principles of soil dynamics*. Untuk menganalisis modulus geser tanah ini penulis menentukan maksimum *share modulus* (G_{max}) berdasarkan data *bore log* dengan metode yang digunakan adalah metode empiris Hardin & Black. Berdasarkan penelitian ini didapatkan bahwa semakin tinggi nilai tegangan tanah vertikal efektif maka semakin besar dan semakin tinggi tegangan tanah octahedral maka modulus geser tanah semakin besar. semakin besar magnitudo gempa maka akan semakin kecil rasio redaman yang di peroleh.

Kata Kunci: Modulus geser tanah, Rasio redaman



ABSTRACT

Soil shear modulus and damping ratio are important parameters in geotechnical structure planning. Soil shear modulus is a measure of the stiffness of the soil against shear or deformation, while Damping ratio is one of the soil property indices that is important for predicting building construction behavior, namely its role in vibration dissipation isolation activities. This research aims to obtain the shear modulus value using the Hardin and Black empirical equation, and also obtain the damping ratio value based on the principles of soil dynamics. To analyze the shear modulus of the soil, the author determines the maximum share modulus (G_{max}) based on bore log data with the method used is the Hardin & Black empirical method. Based on this research, it was found that the higher the value of the effective vertical soil stress, the greater it is and the higher the octahedral soil stress, the greater the soil shear modulus. The greater the magnitude of the earthquake, the smaller the attenuation ratio obtained.

Keywords: Soil shear modulus and damping ration



TELAH DIVALIDASI PUSBA UMA SEBAGAI SYARAT BERKAS SIDANG	
TANGGAL	PARAF
13/08/2024	



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Pengertian Tanah dan Mekanika Tanah	7
2.3 Pembentukan Tanah	8
2.4 Klasifikasi Tanah	9
2.4.1 USDA <i>Texture Triangle</i>	11
2.4.2 USCS (<i>Unified Soil Classification system</i>)	13
2.5 Konsistensi Tanah	16
2.6 Struktur Tanah	17
2.6.1 Struktur Tanah Tak Berkohesif	17
2.6.2 Struktur Tanah Berkohesif	18
2.7 Tanah Lunak	18
2.7.1 Karakteristik Tanah Lunak	18
2.7.2 Tipe – tipe Tanah Lunak	19
2.8 Tanah Lempung	21
2.8.1 Sifat Tanah Lempung	22
2.9 Stabilitas Tanah	23
2.10 Gempa Bumi	23
2.11 Jenis – jenis Gempa Bumi	25
2.12 Besar Kekuatan Gempa	26
2.13 Modulus Geser Tanah	27
2.14 Hitungan Modulus Geser Maksimum (<i>G_{max}</i>)	34
2.15 Tegangan Tanah	34
2.16 Metode Empiris dengan Rumus Hardin & Black	36

2.17 Rasio Redaman	38
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Lokasi Penelitian	40
3.2 Kondisi Tanah Eksisting	40
3.3 Teknik Pengumpulan Data	41
3.2.1 Data Primer.....	41
3.2.2 Data Sekunder	42
3.4 Metode Analisis	42
3.5 Tahapan Penelitian	43
3.6 Kerangka Berfikir	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Perhitungan Tegangan Tanah.....	45
4.2 Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal Efektif	46
4.3 Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah	49
4.4 Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam ...	50
4.5 Perhitungan Tegangan Tanah <i>Octahedral</i>	51
4.6 Perhitungan Suatu Konstanta	53
4.7 Perhitungan Modulus Geser Tanah	54
4.8 Perhitungan Rasio Redaman	55
4.9 Pembahasan	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Simbol Klasifikasi USCS	13
Tabel 2. Tanah Berbutir Kasar	14
Tabel 3. Tanah Berbutir Halus	15
Tabel 4. Berat Jenis (Gs) Berbagai Jenis Tanah	19
Tabel 5. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur Tanah	19
Tabel 6. Hubungan Antara Konsistensi Dan Kuat Tekan Bebas (Qu)	20
Tabel 7. Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak	20
Tabel 8. Klasifikasi Tanah Gambut Berdasarkan Kadar Serat	21
Tabel 9. Jenis Gempa Tektonik Berdasarkan Kedalaman Gempa	25
Tabel 10. <i>Magnitude</i> Gempa dan pengaruh Gempa	27
Tabel 11. Nilai Representatif dari Modulus Geser (G)	30
Tabel 12. Nilai Poison Rasio (i)	30
Tabel 13. Modulus Tegangan-Regangan (E)	30
Tabel 14. Nilai Korelasi Parameter Tanah dengan N-SPT untuk jenis Tanah pasir (<i>Sand</i>) dan lempung (<i>Clay</i>)	37
Tabel 15. Hubungan antara Plastisitas Indeks dengan nilai K	40
Tabel 16. Sistem Pelapisan Tanah berdasarkan Deskripsi Visual	40
Tabel 17. Hasil N-SPT	42
Tabel 18. Hasil Perhitungan Interpolasi Berat isi Tanah	42
Tabel 19. Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal Efektif	46
Tabel 20. Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah	49
Tabel 21. Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam	50
Tabel 22. Hasil Perhitungan Tegangan Tanah <i>Octahedral</i>	51
Tabel 23. Hasil Perhitungan Suatu Konstanta	52
Tabel 24. Hasil Perhitungan Modulus Geser <i>Maximum</i> Tanah	54
Tabel 25. Kadar Air Tanah	55
Tabel 26. Hasil Perhitungan Rasio Redaman	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. <i>Normal dip-slip fault</i>	24
Gambar 2. <i>Reverse dip-slip fault</i>	24
Gambar 3. <i>Strike - slip fault</i>	25
Gambar 4. Hubungan antara G/G_{max} lawan regangan geser	28
Gambar 5. Lokasi Proyek	40
Gambar 6. Diagram Alir	44
Gambar 7. Grafik Tegangan Tanah Vertikal Efektif setiap kedalaman	57
Gambar 8. Grafik Tegangan Tanah <i>Octahedral</i> setiap kedalaman	58
Gambar 9. Grafik Modulus Geser Tanah (G_{max}) setiap kedalaman	59
Gambar 10. Grafik Hubungan Tegangan Tanah Vertikal Efektif	60
Gambar 11. Grafik Hubungan Tegangan Tanah <i>Octahedral</i>	61
Gambar 12. Grafik D_{max} berdasarkan Magnitudo	62
Gambar 13. Grafik Hubungan D_{max} dengan Magnitudo	63



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dilalui oleh jalur gempa dengan frekuensi gempa yang relatif tinggi. Pada tahun 2004 terjadi gempa bumi di Nangroe Aceh Darussalam disertai dengan tsunami yang menelan banyak korban. Lalu pada tahun 2006 juga terjadi gempa berkekuatan 5,9 skala *richter* di Yogyakarta. Gempa tersebut menelan banyak korban jiwa dan menimbulkan banyaknya kerusakan bangunan dan jalan yang cukup parah yang berdampak pada perekonomian masyarakat. Gempa bumi adalah suatu bencana alam yang sering membuat kerusakan struktur bangunan maupun struktur tanah yang berdiri di atasnya. Dengan adanya kegagalan struktur maupun geoteknik yang terjadi, penting untuk menyelidiki secara menyeluruh penyebab dari kegagalan tersebut dan bagaimana cara untuk meminimalisir dan mengantisipasi terjadinya kegagalan tersebut. (Edi Purwanto, 2008)

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mengingatkan bahaya Sesar Sumatera yang berada di Pulau Sumatera. Sesar tersebut dapat menyebabkan kerusakan meski dengan magnitudo kecil. "Saya mengingatkan kembali bahwa Sesar Sumatera ini nyata, dan ada ancaman terdapat sumber gempa di darat," kata Kepala Pusat Gempa Bumi dan Tsunami BMKG Rahmat Triyono, dalam Antara, dikutip Senin (25/3/2024). Dengan adanya penemuan gempa terbaru yang disebut Sesar Sumatera ini, penulis sangat tertarik untuk meneliti agar dapat mengetahui apakah kontruksi tempat penulis meneliti mampu menahan kekuatan geser tanah di sekitar kontruksi sehingga kemungkinan terjadinya kegagalan

kontruksi ini tidak ada apabila Sesar Baru ini benar – benar akan terjadi di kemudian hari.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka diperoleh rumusan masalah yaitu :

1. Apa saja yang mempengaruhi nilai modulus geser tanah dan rasio redaman?
2. Apa pengaruh dari Modulus Geser Tanah dan Rasio Redaman bagi struktur bangunan?

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak lari dari pembahasan maka penulis memberikan batasan masalah pada penelitian, yaitu :

1. Penelitian hanya berfokus pada analisis modulus geser tanah dan rasio redaman.
2. Penelitian ini menggunakan metode empiris dengan rumus Hardin & Black.
3. Data yang diambil hanya berupa data SPT dan data Laboratorium.

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis modulus geser tanah menggunakan persamaan empiris Hardin dan Black serta menganalisis rasio redaman berdasarkan data SPT pada proyek rumah susun desa silangkitang untuk mengetahui apakah kontruksi tempat penulis meneliti mampu menahan kekuatan geser tanah di sekitar kontruksi sehingga kemungkinan terjadinya kegagalan kontruksi tidak ada.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi penulis, penelitian ini berfungsi sebagai bahan untuk penulisan tugas akhir. Hal tersebut merupakan prasyarat untuk mendapatkan gelar sarjana

Teknik Sipil di Universitas Medan Area, sehingga mampu menerapkan ilmu yang didapat semasa pendidikan perkuliahan dan pengetahuan baru di bidang geoteknik

2. Bagi pembaca dan akademisi, penelitian ini digunakan untuk informasi tambahan penelitian kedepannya tentang modulus geser tanah dan rasio redaman.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan referensi untuk penulis melakukan penelitiannya agar membantu dalam memperbanyak teori atau wawasan penelitian. Selama penelitian ini penulis tidak menemukan yang sejenis dengan judul ini, maka dari itu penulis hanya bisa mengambil penelitian terdahulu yang sedikit menyerupai judul penelitian penulis untuk menjadikan referensi atau perbandingan dengan penelitian terdahulu.

Berikut ini adalah jurnal dari penelitian terdahulu yang beberapa terkait dalam penelitian :

1. Edy Purwanto (2008), dengan judul penelitian Nilai Modulus Geser Tanah Berdasarkan Rumus Hardin & Dernevlch (1972) dan Menard (1965) dari Uji Laboratorium. Dari hasil penelitiannya diperoleh bahwa: Tanah lempung yang berasal dari Salaman berdasarkan Rumus Hardin & Drnevlch modulus geser maksimum rata – rata didapatkan sebesar 6,942 Mpa, dibandingkan dengan rumus Menard didapatkan sebesar 15,95 Mpa. Tanah lempung yang berasal dari Mertoyu dan berdasarkan Rumus Hardin & Drnevlch modulus geser maksimum rata-rata didapatkan sebesar 5,461 Mpa, dibandingkan dengan rumus Menard didapatkan sebesar 14,83 Mpa. Tanah lempung yang berasal dari sungai Karasak berdasarkan Rumus Hardin & Drnevlch modulus geser maksimum rata-rata didapatkan sebesar 12,942 Mpa, dibandingkan dengan dengan rumus Menard didapatkan sebesar 28,09 Mpa. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu untuk tanah lempung berasal dari Salaman, menurut rumus

Hardin & Drnevich didapat modulus geser maksimum rata – rata sebesar 6,942 Mpa, sedangkan berdasarkan rumus Menard didapatkan sebesar 15,95 Mpa. Untuk tanah lempung berasal dari Mertoyudan, menurut rumus Hardin & Drnevich didapat modulus geser maksimum rata-rata sebesar 5,461 Mpa.,sedangkan berdasarkan rumus Menard didapatkan sebesar14,83 Mpa. Untuk tanah pasir berasal dari sungai Krasak, menurut rumus Hardin & Drnevich didapat modulus geser maksimum rata-rata sebesar 12,942 Mpa., sedangkan berdasarkan rumus Menard didapatkan sebesar 28,09 Mpa.

2. Linawati dkk (2019), dengan judul Analisis Modulus Geser Maksimum Tanah Lempung Ekspansif Dengan Perkuatan Serat Ijuk Berdasarkan Metode Empiris. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa : Berdasarkan pada uji laboratorium, nilai modulus geser tanah (G_{maks}) didapat dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Hardin dan Black (1969), dan dari kurva hubungan antara tegangan regangan pada uji geser langsung. Hasil secara empiris menunjukkan bahwa tanah lempung ekspansif Desa Tanak Awu mempunyai (G_{maks}) berturut – turut adalah 78,90 kPa; 109,77 kPa; 116,16 kPa; 123,86 kPa; 129,94 kPa; 139,30 kPa, dengan prosentase serat berturut-turut (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%). Sedangkan dari uji geser langsung tanah lempung ekspansif Desa Tanak Awu mempunyai (G_{maks}) berturut-turut adalah = 78,30 kPa; 97,90 kPa; 101,20 kPa; 109,60 kPa; 115,70 kPa; 138,60 kPa, dengan prosentase serat berturut-turut (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%). Jika modulus geser maksimum (G_{maks}) dihubungkan dengan percepatan gempa (a), dan kecepatan gelombang geser (V_s), maka nilai modulus geser secara empiris maupun yang didapat dari uji geser, akan mampu meredam kecepatan

gelombang geser yang terjadi. Hal ini dibuktikan dengan kecepatan gelombang geser (V_s) yang diperoleh secara empiris lebih besar dari kecepatan gelombang geser (V_s) dari IISEE, dimana V_s secara empiris berturut-turut 7,711 m/s (0%); 9,097 m/s (2%); 9,358 m/s (4%); 9,663 m/s (6%); 9,894 m/s (8%); 10,246 m/s (10%). Sedangkan V_s dari IISEE 2 – 5 m/s. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu Nilai modulus geser tanah (G_{maks}) menggunakan rumus Hardin dan Black (1969), adalah (G_{maks}) = 0,789 kg/cm² atau 78,93 kPa untuk tanah tanpa campuran serat (0%). Penambahan serat ijuk dapat meningkatkan nilai OCR (*over consolidation ratio*), dan angka pori tanah semakin kecil, sehingga nilai modulus geser maksimum tanah semakin besar. Jika modulus geser maksimum (G_{maks}) dihubungkan dengan percepatan gempa, dan kecepatan gelombang geser (V_s), maka nilai modulus geser secara empiris maupun yang didapat dari uji geser, akan mampu meredam kecepatan gelombang geser yang terjadi. Hal ini dibuktikan dengan kecepatan gelombang geser (V_s) yang diperoleh secara empiris lebih besar dari kecepatan gelombang geser (V_s) dari IISEE, dimana V_s secara empiris berturut-turut 7,711 m/s (0%); 9,097 m/s (2%); 9,358 m/s (4%); 9,663 m/s (6%); 9,894 m/s (8%); 10,246 m/s (10%). Sedangkan V_s dari IISEE 2 – 5 m/s.

3. Oky Abdurahman Saleh. P. (2005), dengan judul Nilai Modulus Geser Tanah, dari Hasil Uji Laboratorium berdasarkan rumus Hardin & Black, Menard, Hardin & Richard serta Hardin & Drnevich,. Berikut hasil dari penelitiannya. Kondisi tanah lapangan/tidak terganggu (*undisturbed*) Desa Mertoyudan memperoleh nilai modulus geser maksimum yaitu : 6,939 kPa (Hardin & Black), 16,065 kPa (Hardin & Richard), 16,724 kPa (Hardin & Drnevich) dan

11,168 kPa (Menard). Untuk tanah pasir kampus UII, kondisi tanah lapangan/tidak terganggu (*undisturbed*) memperoleh nilai modulus geser maksimum yaitu 13,343 kPa (Hardin & Richard) dan 90,010 kPa (Menard). Kesimpulan dari penelitian ini yaitu Tanah Desa Mertoyudan / Magelang merupakan tanah Lempung Berlanau dan tanah Kampus UII merupakan tanah Pasir Berlempung sesuai dengan hasil pengklasifikasian berdasarkan sistem USCS. Pada kondisi tanah asli lapangan/tidak terganggu (*undisturbed*), Tanah Desa Mertoyudan mempunyai nilai modulus geser maksimum sebagai berikut: 6,393 kPa (Hardin & Black), 16,065 kPa (Hardin & Richart), 16,724 kPa (Hardin & Drnevich), dan 11,168 kPa (Menard). Untuk tanah pasir UII, pada kondisi asli lapangan/tidak terganggu (*undisturbed*) mempunyai nilai modulus geser maksimum sebagai berikut: 13,343 kPa (Hardin & Richart) dan 90,010 kPa (Menard).

2.2 Pengertian Tanah dan Mekanika Tanah

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 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)

2.4 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995). 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 Clasification 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 Clasification 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)	<i>Clean Gravels (Less than 5% fines)</i>
	GW	<i>Well graded gravels, gravel-sand, mixtures, little or no fines</i>
	GP	<i>Poorly graded gravels, gravelsand mixture, little or no fines</i>
	GM	<i>Gravels with fines (More than 12% fines)</i>
	GC	<i>Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures</i>
Lebih dari 50% gradasi pasir lebih kecil dari ukuran saringan No.4	SANDS (Pasir)	<i>Clean Sands (Less than 5% fines)</i>
	SW	<i>Well graded snads, gravelly sands, little or no fines</i>
	SP	<i>Poorly graded sands, gravelly sands, little of no fines</i>
	SM	<i>Sands with fines (More than 12% fines)</i>
	SC	<i>Silty sands, sandy-silt mixtures</i>
		<i>Clayey sands, sand-clay mixtures</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> <i>Low to medium plasticity inorganic clays, gravelly clays, sandy clays.</i>
Batas cair kurang dari 5%	CL	<i>silty clays, lean clays</i> <i>Low plasticity organic silts and organic silty clays</i>
	OL	
<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> <i>Organic clays with medium to high plasticity, as well as organic silts</i>
	OH	

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 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*).

2.6 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 berkoheksi (*cohesionless soil*) dan tanah kohesif (*cohesive soil*). Struktur tanah untuk tiap – tiap kelompok akan diterangkan di bawah ini.

2.6.1 Struktur Tanah Tak Berkoheksi

Struktur tanah tak berkoheksi 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.

2.6.2 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.

2.7 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, permeabilitas yang rendah, penurunan konsolidasi yang besar, sudut geser dalam tanah dan daya dukung yang rendah. Lapisan tanah disebut lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*slit*) yang mempunyai harga pengujian penetrasi standar (*Standard 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)

2.7.1 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

2.7.2 Tipe – tipe Tanah Lunak

Sistem USDA (*U.S. Department of Agriculture*) membagi tanah menjadi tiga kelompok utama yaitu tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus, dan tanah dengan 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, 2002)

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, 2002)

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, 2002)

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

2.8 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 silika 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.

2.8.1 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).

2.9 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.

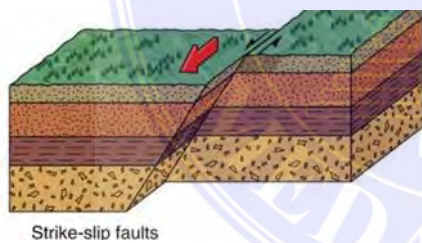
2.10 Gempa Bumi

Menurut M. T. Zein, gempa bumi merupakan suatu gerakan tiba – tiba atau rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah yang bersifat *transiet* yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut kesegala arah. Gempa adalah patahnya lapisan tanah atau batuan didalam kulit bumi dikarenakan pelepasan

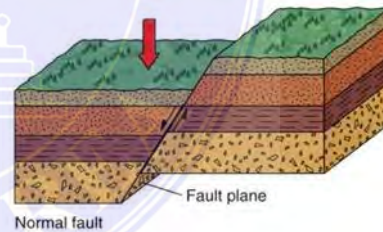
energi secara tiba – tiba dan menyebabkan getaran atau guncangan padatanah.

Berbagai jenis-jenis patahan pada lapisan tanah dikelompokkan menurut sifat pergeserannya pada bidang patahan yaitu :

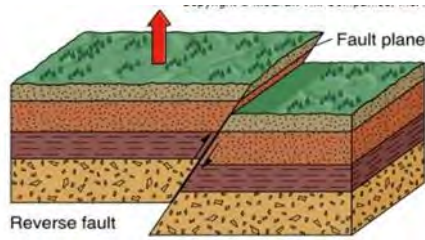
1. Patahan yang bergeser searah kemiringan bidang patahan (*dip – slip faults*).
Dibedakan menjadi dua patahan yaitu patahan turun (normal) jika patahan blok lapisan batuan bergerak turun, dan patahan naik (anjak/reverse) jika patahan blok lapisan batuan bergerak naik.
2. Patahan yang bergeser searah jurus bidang patahan (*strike - slip faults*).
Dibedakan menjadi dua patahan yaitu patahan sinistral jika patahan blok lapisan batuan bergerak mendatar ke sebelah kiri, dan patahan dekstral jika patahan blok lapisan batuan bergerak mendatar ke sebelah kanan. Gambar dibawah ini adalah jenis jenis patahan.



Gambar 1. *Normal dip-slip fault*
(Geograph88, 2014)



Gambar 2. *Reverse dip-slip fault*
(Geograph88, 2014)



Gambar 3. *Strike - slip fault*
(Geograph88, 2014)

2.11 Jenis – jenis Gempa Bumi

1. Gempa Tektonik

Gempa tektonik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh pergeseran dua atau lebih lempeng tektonik secara tiba – tiba. Pergeseran pada lempeng tektonik tersebut dinamakan sesar dengan jenis yang berbeda – beda sesuai dengan arah geraknya. Bila gempa tektonik terjadi biasanya akan disusulan gempa - gempa lainnya tergantung dari kedalaman gempunya. Pembagian gempa tektonik berdasarkan kedalaman gempa dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Jenis Gempa Tektonik Berdasarkan Kedalaman Gempa (Badan Geologi, 2019)

Jenis Gempa	Kedalaman
Gempa Bumi Dangkal	0 – 70 km
Gempa Bumi Menengah	71 – 300 km
Gempa Bumi Dalam	> 300 km

Dampak yang ditimbulkan dari gempa bumi tektonik ini salah satunya ialah tsunami. Selain itu gempa tektonik juga dapat menyebabkan likuifaksi dan menyebabkan bangunan yang berada di atasnya runtuh seketika.

2. Gempa Vulkanik

Gempa Vulkanik merupakan jenis gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas magma atau pelepasan energi yang terjadi pada gunung berapi. Gempa

bumi ini dapat terjadi sebelum, selama maupun setelah erupsi dari gunung berapi. Dampak yang dapat ditimbulkan akibat gempa bumi vulkanik yaitu adanya kabut asap dan semburan abu vulkanik yang dapat menghalangi sinar matahari sehingga menimbulkan masalah padapernapasan.

3. Gempa Runtuhan

Gempa runtuhan adalah jenis gempa bumi yang disebabkan oleh longsornya tanah atau runtuhnya gua – gua yang ada disekitar area terdampak. Dampak dari gempa bumi ini biasanya tidak sebesar efek gempa bumi tektonik dan hanya mempengaruhi area – area kecil di sekitarnya.

2.12 Besar Kekuatan Gempa

Metode yang digunakan dalam mengklasifikasi besar kekuatan gempa yaitu dengan menggunakan parameter magnetudo (*skala richer*) dan metode MMI (*Modified Marcalli Intensity*).

1. Skala Richer (SR)

Skala richer (SR) merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan dalam mengklasifikasi skala gempa. Satuan ini diciptakan oleh vulkanologis yang bernama Charles F. Richter yang berkerjasama dengan Beno Gutenberg yang berasal dari *California Institute of Technologi* pada tahun 1935. Satuan ini dinyatakan dengan nama *magnitude* dengan simbol *M_w*. Pembagian besar pengaruh gempa berdasarkan besaran *magnitude* skala richter dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. *Magnitude* Gempa dan pengaruh Gempa (Wardhiny, 2014)

Deskripsi	Skala Richter	Pengaruh Gempa
Mikro Sangat minor	< 2.0	Tidak Terasa
Minor	2.0 – 2.9	Umumnya terasa, namun tidak terekam
Ringan	3.0 – 3.9	Kadang terasa, namun jarang menimbulkan kerusakan yang berarti
Sedang	4.0 – 4.9	Ditandai dengan barang – barang didalam ruangan yang bergetar
	5.0 – 5.9	
Kuat	6.0 – 6.9	Menimbulkan kerusakan pada bangunan konstruksi ringan dengan ruang yang sempit. Pada struktur bangunan terdapat sedikit kerusakan.
Mayor	7.0 – 7.9	Dapat merusak bangunan pada area sekitar 150 km
Besar	8.0 – 8.9	Menimbulkan kerusakan besar di area yang luas
Sangat besar	> 9.0	Menimbulkan banyak kerusakan pada suatu area dengan jarak ratusan kilometer. Kebanyakan bangunan tidak dapat bertahan dan rusak parah

2. Skala MMI (*Modified Marcalli Intensity*)

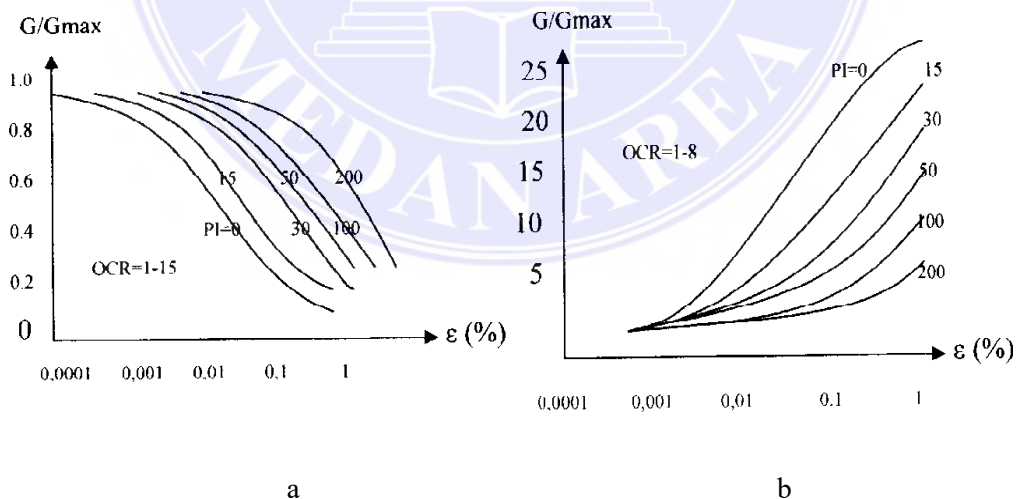
Merupakan satuan yang diciptakan oleh seorang ahli vulkanologis yang berasal dari Italia yang bernama *Giuseppe Marcalli* pada tahun 1902. Dalam metode pembagian skala MMI ini dibagi menjadi 12 jenis yang diambil berdasarkan informasi dari orang-orang yang selamat dari gempa bumi dan kemudian hasilnya dibandingkan untuk mengetahui tingkat kerusakan yang diperoleh akibat dari adanya gempa bumi tersebut. Karena hasilnya dihitung berdasarkan tempat, maka hasilnya tidak sama di setiap tempat.

2.13 Modulus Geser Tanah

Modulus geser tanah adalah suatu ukuran kekakuan atau kekakuan tanah terhadap perubahan geser, modulus geser biasanya dinyatakan dengan simbol “G” atau *share* modulus dalam istilah teknis. Modulus geser tanah merupakan perbandingan tegangan geser antara regangan geser tanah, Braja M. Das (1993).

Modulus geser maksimum (G_{max}) merupakan parameter dinamik yang penting dalam berbagai persoalan dinamika tanah. Parameter ini terutama diperlukan untuk menghitung frekuensi resonansi dan amplitudo getaran pada pondasi, sehingga erat kaitannya dengan gempa bumi. Apabila terjadi gempa bumi, maka faktor tanah sebagai penghantar getaran mempunyai peran yang sangat penting. Interaksi tanah struktur akibat beban dinamik, menentukan koefisien kekuatan tanah dibawah pondasi dan analisis perambatan gelombang. Penelitian tentang modulus geser tanah sudah banyak yang dilakukan oleh para peneliti diantaranya adalah :

Vuceuc dan Dobry (1991), penelitiannya tentang efek Indeks Plastisitas (PI) terhadap perilaku dinamik atau perilaku statik tanah lempung. Besarnya nilai modulus geser untuk setiap regangan geser akan dinormalisasikan terhadap modulus geser maksimum atau dinotasikan G/G_{max} . Plot hubungan antara rasio redaman lawan regangan geser untuk setiap nilai indeks plastisitas (PI) seperti yang ditunjukkan Gambar 7 grafik berikut :



Gambar 4. Hubungan antara G/G_{max} lawan regangan geser (Josep E. Bowles, Analisis dan desain Pondasi, 1996)

Pada gambar 4.a menunjukkan bahwa tanah yang memiliki indeksplastisitas tinggi (tanah lempung jenuh air) memiliki nilai normalisasi modulus geser yang

masih relatif tinggi pada suatu regangan geser tertentu dibandingkan dengan tanah yang memiliki Indeks Plastisitas yang relatif rendah. Dengan demikian bahwa tanah lempung yang memiliki PI yang sangat tinggi cenderung masih berperilaku elastik (G/G_{max} masih cukup besar) terhadap regangan geser yang relative besar. Sebaliknya pasir yang tergolong memiliki indeks plastisitas rendah maka kekuatannya akan cepat menurun (G/G_{max} menurun drastis) terhadap regangan geser yang semakin besar.

Pada gambar 4.b bahwa pengaruh Indeks Plastisitas terhadap rasio redaman pada suatu regangan geser tertentu, disimpulkan bahwa dari hasil penelitiannya rasio redaman akan meningkat pada regangan geser yang semakin besar. Jika dilihat juga dari grafik tersebut bahwa untuk nilai regangan geser tertentu, rasio redaman besar pada tanah dengan PI yang semakin kecil.

Anderson dan kawan-kawan (1978) juga melakukan penelitian untuk memperoleh nilai modulus geser tanah. Dari hasil penelitiannya menjelaskan bahwa dalam pengukuran – pengukuran lapangan dari kecepatan gelombang geser dapat menentukan modulus geser.

Cunny dan Fry (1973) serta Hardin dan Music (1965) juga melakukan penelitian untuk mendapatkan nilai Modulus Geser, dari pengujian kolom resonansi. Ini melibatkan peralatan – peralatan laboratorium yang khusus, terdiri dari sebuah sel triaksial yang khusus dibuat mampu menyediakan (menghasilkan) getaran contoh tanah dengan amplitudo yang sangat kecil. Dibawah ini dapat dilihat nilai – nilai Modulus Geser (G) *Poition Rations* (μ), dan modulus Tegangan Regangan (E), yang dipersentatipkan beberapa ahli.

Tabel 11. Nilai Representatif dari Modulus Geser (G) (Bowles, 2008)

Bahan	Ksi	Mpa
Pasir Kwartsa Mampat Bersih	1,8 – 3	12 – 20
Pasir halus Mika	2,3	16
Pasir Berlin (e = 0,53)	2,5 – 3,5	17 – 24
Pasir Tanah Liat	1,5	10
Pasir Kerikil Mampat	10	70
Lempung Berlumpur Lembek Basah	1,3 – 2	9 – 15
Lempung Berlumpur Lembek Kering	2,5 – 3	17 – 24
Lempung Berlumpur Kering	4 – 5	25 – 35
Lempung Sedang	2 – 4	12 – 30
Lempung Berpasir	2 – 4	12 – 30

Tabel 12. Nilai Poison Rasio (μ) (Bowles, 2008)

Jenis Tanah	Poison Rasion (μ)
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung, tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung Berpasir	0,3 – 0,35
Lantau	0,2 – 0,4
Pasir (padat)	
Kasar (angka pori = 0,4 – 0,7)	0,15
Berbutir halus (angka pori = 0,4 – 0,7)	0,25
Batuan	0,1 – 0,4 (agak tergantung jenis batuan)
Tanah Lus	0,1 – 0,3
Es	0,36
Beton	0,15

Tabel 13. Modulus Tegangan-Regangan (E) (Bowles, 2008)

Tanah	Modulus Tegangan – Regangan (E)	
	Ksf	Mpa
<u>Lempung</u>		
Sangat Lunak	50 – 250	2 – 15
Lunak	100 – 500	5 – 25
Sedang	300 – 1000	15 – 50
Keras	1000 – 2000	50 – 100
Berpasir	500 – 5000	25 – 250
<u>Laci Es</u>	200 – 3200	10 – 153
Lepas	3000 – 15000	144 – 720
Padat	10000 – 30000	478 – 1440
Sangat Padat	300 – 1200	14 – 57
<u>Pasir</u>		
Berlanau	150 – 450	7 – 21
Lepas	200 – 500	10 – 24
Padat	1000 – 1700	48 – 81
<u>Pasir dan Kerikil</u>		
Lepas	1000 – 3000	48 – 144

Lanjutan Tabel 13		
Padat	2000 – 4000	96 – 192
<u>Serpilh</u>	3000 – 300000	144 – 14400
Lanau	40 – 4000	1 – 20

2.14 Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Modulus Geser Tanah

Faktor – faktor mempengaruhi besarnya modulus geser yaitu :

1. Nilai OCR (*Over Consolidation Ration*)

Besarnya nilai OCR diperoleh dari pengujian konsolidasi. OCR adalah keadaan dimana kondisi tanah terkonsolidasi akibat pernah mengalami pembeban tekanan efektif yang lebih besar dari pada tegangan yang sekarang. Semakin besar nilai OCR suatu tanah mengakibatkan semakin besar pula nilai modulus geser tanah tersebut. OCR penting dalam merancang dan menganalisis struktur di atas tanah yang mengalami konsolidasi. Ini membantu dalam menentukan potensi penurunan tanah dan stabilitas struktur. Dalam praktiknya, OCR digunakan untuk mengidentifikasi kondisi tanah yang mungkin mengalami penurunan berlebihan jika terkena beban tambahan. OCR dapat diukur menggunakan uji laboratorium seperti uji konsolidasi satu dimensi (oedometer test) di mana sampel tanah diuji untuk menentukan perilakunya di bawah berbagai tekanan.

2. $K =$ koefisien nilainya tergantung besar nilai Indeks Plastisitas. Semakin besar nilai Indeks Plastisitas suatu tanah maka akan mengakibatkan semakin besar pula nilai modulus geser tanah tersebut (Braja M. Das, *Soil Dynamic*).

3. Indeks Plastisitas tanah (PI)

Merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Jika tanah memiliki PI tinggi, maka tanah tersebut banyak mengandung butiran lempung.

Sedangkan jika PI nya rendah maka tanah tersebut menjadi kering, seperti lanau.

4. $\sigma_0 = \text{Effective Confining Pressure}$

Semakin dalam pengambilan sampel suatu tanah maka akan mengakibatkan semakin besar nilai tekanan vertikal tanah (σ_1), sehingga mengakibatkan semakin besar pula nilai σ_0 yang artinya nilai modulus geser tanah semakin besar (Braja M. Das, *Soil Dynamic*).

5. Koefisien tanah saat diam (K_0)

Besar nilai K_0 tergantung dari besarnya nilai sudut geser dalam tanah (ϕ). Semakin besar nilai sudut geser tanah maka semakin kecilnya nilai K_0 yang artinya semakin kecil nilai σ_2 dan σ_3 . Dengan semakin kecilnya σ_2 dan σ_3 maka akan menyebabkan juga semakin kecil σ_0 yang artinya nilai modulus geser tanah akan semakin kecil (Braja M. Das, *Soil Dynamic*). Nilai sudut geser dalam tanah dapat diperoleh dari pengujian Triaksila UU.

6. *Void Ration* (e)

Nilai *Void Ration* (e) diperoleh dari pengujian konsolidasi. Jika *Void Ration* (e) memiliki nilai yang besar maka akan mengakibatkan nilai modulus geser tanah akan semakin kecil (Braja M. Das, *Soil Dynamic*).

7. Sudut geser dalam tanah (ϕ)

Sudut geser dalam adalah sudut yang terbentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Jika suatu material dikenai tegangan atau gaya yang melebihi tegangan geser nya maka akan membentuk sudut rekahan atau sudut geser dalam. Semakin besar sudut geser dalam suatu material, semakin tahan material tersebut terhadap beban eksternal yang dikenakan padanya. Besar nilai sudut geser dalam juga tergantung dari tingkat kepadatan suatu jenis tanahnya.

8. Efek Kejenuhan

Kondisi dimana tanah terendam air yang menyebabkan perubahan sifa – sifat mekanik tanah. Hal ini disebabkan karena tanah yang jenuh cenderung memiliki struktur butiran yang longgar dan terlubrikasi oleh air, sehingga menyebabkan geseran antar partikel menjadi lebih mudah. Sebaliknya pada tanah yang kering partikel – partikel akan lebih padat dan memiliki kontak yang lebih erat.

9. Bentuk Butiran

Dengan bentuk butiran tajam atau berlingkung cenderung memiliki hubungan kurang efektif, sehingga dapat mengurangi kemampuan tanah dalam merespon gaya geser.

10. Tegangan vertikal efektif (σ_v)

Merupakan tegangan pada lapisan tanah yang diakibatkan oleh beban dari tanah yang berasal dari atas dengan memperhitungkan tegangan air pori yang disebabkan oleh air (μ). Tegangan air pori menyebabkan tekanan yang berasal dari beban tanah menjadi berkurang.

2.15 Hitungan Modulus Geser Maksimum (G_{max})

Modulus geser adalah salah satu karakteristik dinamis yang umumnya dinyatakan dengan notasi (G). Nilai modulus geser ini merupakan perbandingan antara tegangan geser (τ) dan regangan geser (s). Banyak parameter yang mempengaruhi modulus geser tanah seperti tegangan vertikal efektif (σ_v), bentuk butiran, efek kejenuhan, indeks plastis tanah (PI), *Overconsolidated ration* (OCR), angka pori (e), sudut geser dalam tanah (ϕ), dan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (K_0).

2.16 Tegangan Tanah

Tegangan pada lapisan tanah akibat beban dari tanah di atasnya, tanpa memperhitungkan tegangan air pori akibat air (μ), disebut tegangan vertikal total. Tegangan vertikal total dapat dihitung sebagai berikut.

$$\sigma_v = \sum(\gamma \cdot z) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

σ_v = Tegangan vertikal total tanah (kN/m^2)

γ = Berat isi lapisan tanah (kN/m^3)

z = Kedalaman tanah yang ditinjau (m)

Jika tanah dibebani (dan karena air) disebut *incompressible*, maka beban pertama yang diterima air dan timbul adalah tekanan air pori. Tekanan air pori dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\mu = \gamma_w \cdot z \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

μ = Tekanan air pori (kN/m^2)

γ_w = Berat volume air = $9,81 \text{ (kN/m}^3)$

Air tertekan mengalir keluar hingga tekanan air pori menurun. Ketika tekanan air pori hilang, beban total tanah dipikul oleh kontak antara partikel – partikel tanah, yang disebut tegangan vertikal efektif. Tegangan vertikal efektif tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma'_v = \sigma_v - \mu \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

σ'_v = Tegangan vertikal efektif tanah (kN/m²)

σ_v = Tegangan vertikal total tanah (kN/m²)

μ = Tegangan air pori tanah (kN/m²)

Perhitungan manual diatas dapat digunakan jika terdapat data hasil pengujian *sieve analysis*, namun jika tidak terdapat data hasil pengujian *sieve analysis*, maka perhitungan nilai tegangan dapat menggunakan nilai korelasi pada Tabel 14 di bawah ini :

Tabel 14. Nilai Korelasi Parameter Tanah dengan N-SPT untuk jenis Tanah pasir (*Sand*) dan lempung (*Clay*) (Kouretzis, 2018)

Nilai N-SPT	Soil Parameters Description		Nilai Koreksi	
	<i>Sand</i>	Relative Density Dr %	γ (kN/m ²)	ϕ' (deg)
0 – 3	<i>Very Loose</i>	0	11.0 – 15.7	25 – 30
4 – 9	<i>Loose</i>	15	14.1 – 18.1	27 – 32
10 – 29	<i>Medium</i>	35	17.3 – 20.4	30 – 35
30 – 49	<i>Dense</i>	65	18.8 – 22.0	35 – 40
> 50	<i>Very Dense</i>	85	20.4 – 23.6	38 - 43
	<i>Clay</i>		γ (kN/m ²)	ϕ' (deg)
0 – 1	<i>Very Soft</i>		15.7 – 18.8	20
2 – 3	<i>Soft</i>			12
4 – 7	<i>Medium</i>			25
8 -15	<i>Stiff</i>		17.3 – 20.4	50
16 – 31	<i>Very Stiff</i>		18.8 – 22.0	100
32	<i>Hard</i>			200

Pada nilai korelasi diatas, untuk mendapatkan berat isi tanah (γ) dapat digunakan rumus interpolasi sesuai dengan jenis tanah pasir (*sand*) maupun lempung (*clay*) dan nilai N-SPT yang didapatkan dari hasil pengujian *soil investigation* SPT sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{y}{(x+z)} + \gamma_1 \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- γ = Berat isi tanah (kN/m²)
- y = Selisih nilai N-SPT (Batas atas – Batas bawah)
- x = Selisih nilai N-SPT (Nilai N-SPT pengujian – batas bawah)
- z = Selisih ($\gamma_{atas} - \gamma_{bawah}$)
- γ_1 = Nilai γ

2.17 Metode Empiris dengan Rumus Hardin dan Black

Rumus empiris yang diturunkan dari hasil uji laboratorium yang dilakukan Hardin dan Black (1968) pada amplitudo getaran rendah antara lain :

1. Pasir berdegradasi bulat $G_{max} = \frac{6908 (2,17 - e)^2}{1 + e} (\sigma)^{0,50} \dots\dots\dots (5)$

Jika lapisan tanah adalah jenis pasir (*sand*) maka untuk perhitungan modulus geser tanah nya menggunakan rumus diatas.

2. Pasir bersudut $G_{max} = \frac{3230 (2,97 - e)^2}{1 + 2e} (\sigma_0)^{0,50} \dots\dots\dots (6)$

Jika lapisan tanah adalah jenis pasir bersudut maka untuk perhitungan modulus geser tanah nya menggunakan rumus diatas.

Dimana :

σ_0 = tegangan *octahedral efektif* (kPa)

Untuk $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ besarnya, $\sigma_0 = \frac{1}{3} (\sigma_v + 2\sigma_v (1-\sin \phi))$

σ_v = tegangan vertikal efektif (kPa), dan ϕ sudut geser dalam tanah

$K_0 = (1 - \sin \phi)$ = koefisien tekanan tanah lateral dalam keadaan diam (*at rest*)

3. Tanah Lempung $G_{max} = \frac{3230 (2,97 - e)^2}{1 + 2e} (OCR)^K (\sigma_0)^{0,50}$ (7)

Bila lapisan tanah adalah jenis Tanah lempung (*Clay*) maka untuk perhitungan modulus geser tanahnya menggunakan rumus diatas

Dimana :

σ_0 = tegangan efektif *octahedral* $= \frac{1}{3} (\sigma_v + 2K_0\sigma_v)$

K_0 = koefisien tekanan lateral tanah dalam keadaan diam

$K_0 = 0,40 + 0.007 PI$ untuk $0 < PI < 40\%$

$K_0 = 0,68 + 0.001 (PI - 40)$ untuk $40\% < PI < 80\%$

Sedangkan nilai K yang merupakan fungsi indeks plastisitas tanah diperoleh dari

Tabel 15 berikut :

Tabel 15. Hubungan antara Plastisitas Indeks dengan nilai K (Hardindan Black, 1968)

Plastisitas Indeks	K
0	0
20	0,18
40	0,30
60	0,41
80	0,48
>100	0,5

Dimana :

G_{max} = Modulus geser maksimum (kN/m^2)

σ_0 = Tegangan efektif *octahedral* (kN/m^2)

OCR = *Overconsolidated ration*

K = Suatu konstanta

σ_v = Tegangan vertikal efektif (kN/m^2)

PI = Indeks plastisitas tanah

K_0 = Koefisien tekanan tanah dalam keadaan *rest*

2.18 Rasio Redaman

Damping ratio (rasio redaman) dan modulus elastisitas tanah merupakan salah satu indeks propertis tanah yang penting untuk memprediksi perilaku konstruksi bangunan yaitu berperan terhadap efektivitas isolasi dan disipasi beban getaran. Redaman dapat juga digambarkan sebagai kondisi / karakteristik yang menyebabkan amplitudo getaran secara gradual akan berkurang terhadap waktu sampai energinya terdisipasi. Pada konstruksi perkerasan kaku jalan raya, terdapat lapisan pasir dibawahnya yang salah satu fungsinya adalah sebagai redaman beban lalu lintas. Fungsi redaman ini berpengaruh terhadap untuk kerja jalan tersebut. Semakin baik respons redaman lapisan ini terhadap beban yang bekerja, maka semakin kecil juga tingkat kerusakan yang mungkin terjadi pada struktur perkerasan di atasnya (Daga, 2010).

Redaman (*damping*) adalah suatu besaran yang menyatakan tahanan terhadap gerakan pada suatu sistem dinamik dan merupakan sifat fisik dari suatu sistem yang dinyatakan dalam persen. Redaman juga merupakan peristiwa pelepasan energi (*dissipation energy*) oleh suatu struktur sebagai akibat dari adanya gerakan antar molekul di dalam material, atau akibat adanya gesekan dengan udara (Paz, 1993). Pembebanan siklik pada tanah pasir baik aksial maupun geser selalu menghasilkan peristiwa hysteresis (Dowrick, 2009). Jafarzadeh dan Yanagisawa (1996) menjelaskan bahwa peristiwa hysteresis pada tanah pasir disebabkan oleh adanya regangan plastis akibat perubahan posisi antar butiran pasir. Nilai redaman biasanya

dinyatakan dalam persen terhadap nilai redaman kritis yang disebut sebagai rasio redaman. Nilai rasio redaman dapat di hitung menggunakan :

$$D = \frac{\Delta W}{2 \pi W}$$

Dimana :

D = Rasio redaman (%)

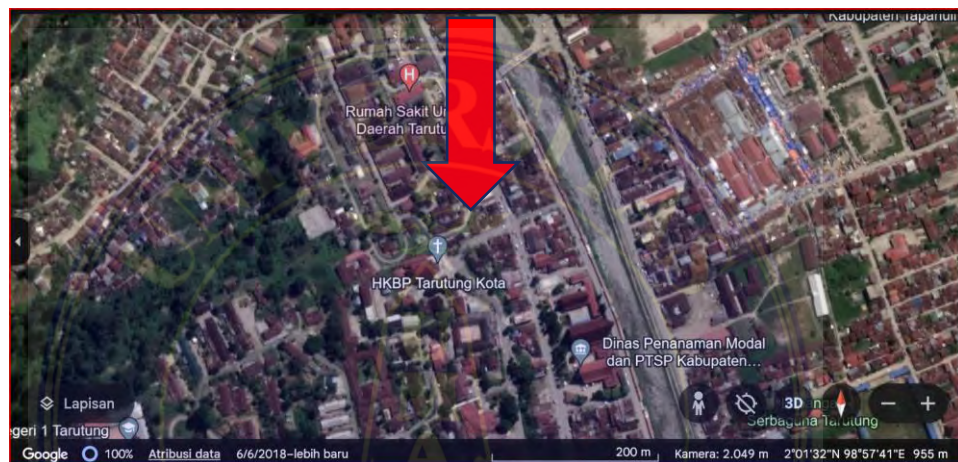
W = Kadar air



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Proyek Rumah Susun Desa Silangkitang Proyek tersebut berada di Desa Silangkitang, Kec. Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara Sumatera Utara, Indonesia. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini :



Gambar 5. Lokasi Proyek (Google Earth, 2024)

3.2 Kondisi Tanah Eksisting

Dari hasil penyidikan tanah yang dilakukan di proyek mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 16. Sistem Pelapisan Tanah berdasarkan Deskripsi Visual (Data Proyek, 2024)

Kedalaman (m)	Jenis tanah	Deskripsi <i>Relative Density/Consistency</i>
0.00 – 2.00	Lempung berpasir	<i>Medium soft</i>
2.00 – 5.00	Lempung berpasir	<i>Soft</i>
5.00 – 15.00	Lempung berpasir	<i>Medium soft-Stiff-Very stiff</i>
15.00 – 28.00	Pasir	<i>Medium dense-Dense-Very dense</i>
28.00 – 30.00	Sand Stone	<i>Very dense</i>

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah teknik atau cara untuk mengumpulkan data yang berhubungan dengan judul, adapun metode pengumpulan data yaitu data Primer (sumber langsung) dan data sekunder (tidak langsung).

3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lapangan berupa informasi yang berhubungan dengan judul penulis.

Data tersebut terdiri dari data SPT *Bore log*.

SPT (*Standart Penetrations Test*) merupakan metode uji tanah *in-situ* yang dilaksanakan untuk mengetahui sifat rekayaa tanah dibawah permukaan tanah, terutama untuk tanah tanpa kohesi. Uji SPT dilaksanakan bersamaan dengan proses pengeboran. Data *bore log* merupakan hasil dari penyelidikan lapangan (*soil investigation*) melibatkan proses pengujian bor mesin yang dilakukan para perencana. Selama pengeboran, dilakukan pengamatan secara visual terhadap perlapis tanah. Pada kedalaman tertentu dilakukan pengambilan contoh tanah (*disturbed sample* dan *undisturbed sample*) dan *standard penetration test* (SPT). Data hasil pengeboran dapat disajikan dalam *field logs (bore logs)* yang didalamnya mencakup : identifikasi proyek, nomor *boring*, lokasi, orientasi, tanggal mulai pemboran, tanggal akhir pemboran dan nama operator, elevasi koordinat bagian atas bore hole, klasifikasi/deskripsi tanah (kekerasan, warna derajat pelapukan dan identifikasi lainnya yang berhubungan),deskripsi litologi, kondisi air tanah, pengambilan contoh tanah *in situ test* di *bore hole*, dst. Berikut adalah data *bore log* yang di peroleh dari lapangan :

Tabel 17. Hasil N-SPT (Data Proyek, 2024)

Kedalaman (m)	Simbol	Deskripsi	N-SPT
00.00 - 02.00	CS	Lempung Berpasir	6
02.00 - 04.00	CS	Lempung Berpasir	4
04.00 - 06.00	CS	Lempung Berpasir	7
06.00 - 08.00	CS	Lempung Berpasir	18
08.00 - 10.00	CS	Lempung Berpasir	6
10.00 - 12.00	CS	Lempung Berpasir	6
12.00 - 14.00	CS	Lempung Berpasir	9
14.00 - 16.00	S	Pasir	14
16.00 - 18.00	S	Pasir	18
18.00 - 20.00	S	Pasir	24
20.00 - 22.00	S	Pasir	35
22.00 - 24.00	S	Pasir	60
24.00 - 26.00	S	Pasir	60
26.00 - 28.00	S	Pasir	60
28.00 - 30.00	S	Pasir	60

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu berupa jurnal-jurnal penelitian terdahulu, review dan studi kepustakaan dan buku- buku yang berkaitan dengan judul penelitian ini.

3.4 Metode Analisis

Untuk menganalisis modulus geser tanah ini penulis menentukan maksimum *share modulus* (G_{max}) berdasarkan data *bore log* dengan metode yang digunakan adalah metode empiris Hardin & Black

Hal yang dilakukan untuk perhitungan adalah :

- Menghitung tegangan tanah (γ)
- Menghitung tegangan vertikal efektif (σ_v)
- Menghitung indeks plastis tanah (PI)
- Menghitung koefisien tekanan tanah dalam keadaan *rest* (K_0)

- e. Menjumlahkan tegangan efektif octahedral (σ_0)
- f. Menyesuaikan nilai indeks plastisitas tanah terhadap tabel untuk mendapatkan nilai suatu konstanta (K)
- g. Maka dapat diperoleh *share modulus maximum* (G_{max})

3.5 Tahapan Penelitian

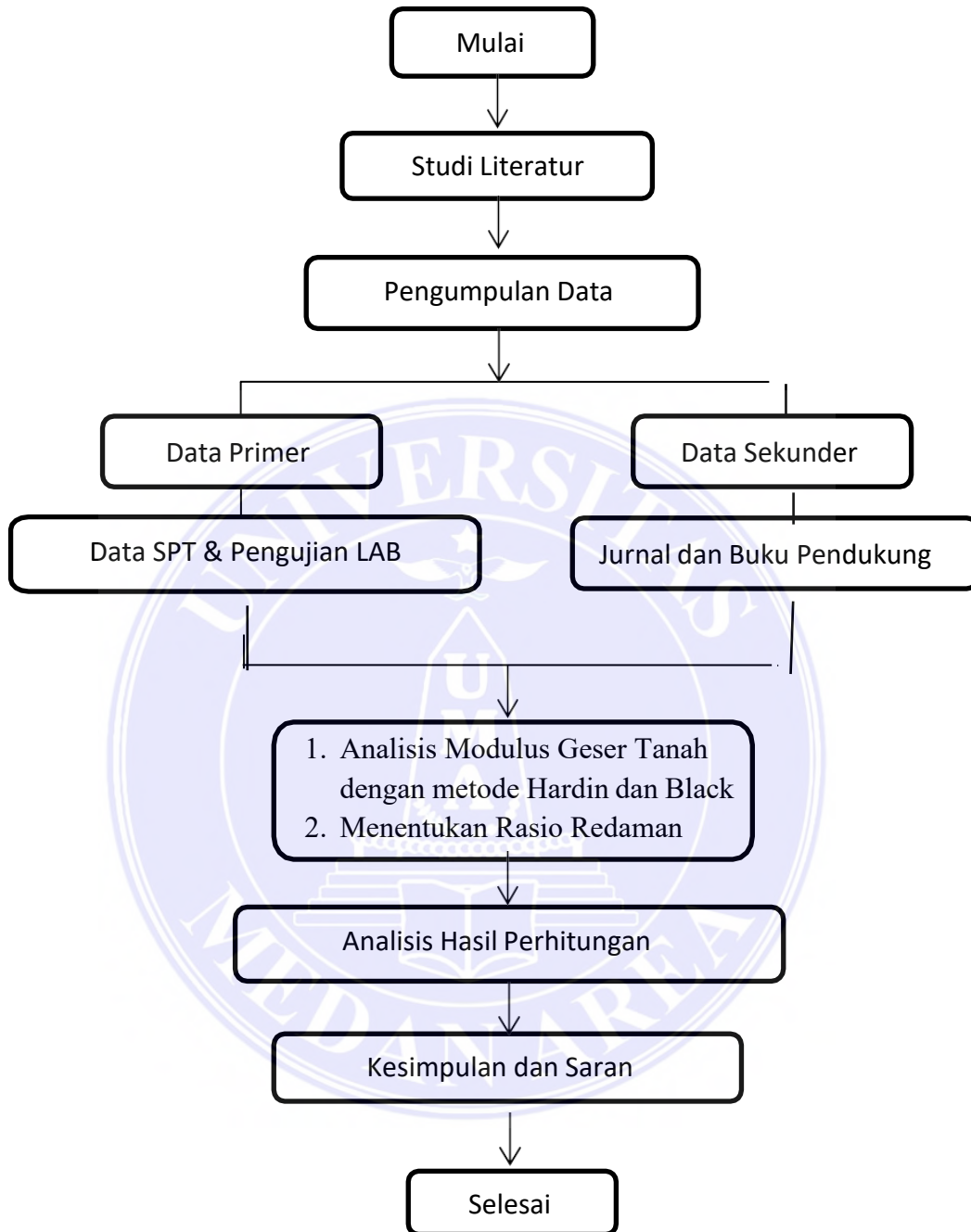
Tahapan penelitian adalah tahap awal yang dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan penelitian agar memudahkan dalam penyusunan. Berikut ini merupakan tahap-tahap pengumpulan data yang dilakukan oleh penulis.

- a. Tahapan pertama adalah melakukan review dan study kepustakaan, mencari jurnal-jurnal penelitian terdahulu dan buku yang berkaitan dengan penelitian analisis modulus geser tanah, pengaruh modulus geser terhadap struktur bangunan.
- b. Tahapan kedua adalah peninjauan langsung dilokasi proyek untuk melakukan pengambilan data yang diperlukan.
- c. Tahapan ketiga adalah mengumpulkan data yang diperoleh dari proyek yaitu data yang dibutuhkan adalah data *Bore Log*.
- d. Tahapan keempat adalah melakukan analisis perhitungan dengan data yang diperoleh berdasarkan metode yang digunakan.
- e. Tahapan kelima adalah membuat kesimpulan dari hasil analisis perhitungan yang dilakukan.

3.6 Kerangka Berfikir

Agar penelitian ini tersusun dan terstruktur dengan rapih maka peneliti membuat bagan alur agar memudahkan dalam pengerjaan skripsi ini mulai dari mengidentifikasi masalah sampai akhir penyelesaian, untuk gambar

bagan alir disajikan dalam Gambar 8 berikut :



Gambar 6. Diagram Alur

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan diatas dapat di simpulkan bahwa peningkatan nilai modulus geser tanah dipengaruhi karena meningkatnya nilai tegangan vertikal efektif dan tegangan tanah *octahedral*, sedangkan untuk rasio redaman sendiri dipengaruhi oleh besarnya nilai kadar air tanah yang ada. Sehingga semakin besar dan semakin baik nilai modulus geser tanah dan rasio redaman terhadap struktur bangunan menyebabkan meningkatnya kekuatan geser tanah disekitar bangunan. Kemungkinan terjadinya kegagalan struktur dapat berkurang.

5.2 Saran

Dalam analisis modulus geser tanah diperlukan data pengujian laboratorium yang lengkap di setiap kedalaman tanah sehingga tidak memerlukan korelasi N-SPT agar mendapat hasil yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis H., & Sc. M. (2018). “Dasar – Dasar Mekanika Tanah” Yogyakarta: *Pena Indis*.
- Edy Purwanto (2008) “Nilai Modulus Geser Tanah Berdasarkan Rumus Hardin & Drenevic (1972) dan Menard (1965)”. *Media Komunikasi Teknik Sipil* 16 (3), 279 – 290.
- Hardin, B. O., W. L. Black. (1968), vibration Modulus Of Normally Consolidatd Clay, *JSMFD, ASCE, Vol 94. SM 2, March, PP. 667-692. United*
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2022). “Teknik Pondasi 1”. Yogyakarta : Betta Offset.
- Lisnawati, Tri Sulistyowati, Ismail Hoesien (2019) “Analisis Modulus Geser Tanah Lempung Ekspansif dengan Perkuatan Serat Ijuk Berdasarkan Metode Empiris”.
- Lolo, A., Balamba, S., Sarajar, A. N., & Mandagi, A. T. (2013). Pengaruh Modulus Geser Tanah Terhadap Kestabilan Pondasi Mesin Jenis Block Studi Kasus : Mesin ID Fan PLTU 2 Amurang Sulut. *Jurnal Sipil Statistik*, 1(9).
- Melinda, Z., Murniwansyah, M., & Sungkar, M. (2020). Pengaruh Void Ration Terhadap Modulus Geser Dinamis dan Kecepatan Gelombang Geser
- Menard, L. (1965). “Rules For Calculation Of Bearing Capacity and Foundation Sattlement Based Of Pressure Meter Test”. *Proceeding 6th International Conference Of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, Canada, Vol 2, 295-299.*
- Nugroho; Siti Khomariah. (2005), “Studi Eksperimental di Laboratorium Tentang Nilai Modulus Geser Berdasarkan Rumus Hardin dan Black serta Menard”. Tugas akhir mahasiswa, jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan UII.
- Oky Abduhrahman Saleh. P. (2005), “Nilai Modulus Geser Tanah dari hasil uji laboratorium berdasarkan rumus Hardin & Black, Menard, Hardin & Richard serta Hardin & Drenevic”.

pada Bangunan Di Kawasan Gempa. *Journal of The Civil Engineering Student*, 2(1), 22-28.

Rudianto Surbakti, (2021) “Analisis Penurunan Tanah dengan Plaxis 2D dan 3D pada Proyek Reklamasi Belawan”.

Stated Of America.

Tika Ermita Wulandari (2021) “Pengaruh Kehalusan *Mesh* Plaxis 2D dan 3D terhada Predikasi Penurunan Konsolidasi pada Proyek Reklamasi Belawan *Phase I*”.

Tulus Kurniawan (2023), “Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Bore Log pada Proyek Reklamasi Belawan *Phase I*”.



LAMPIRAN

PT. MEDAN GEOTEKNIK DAN STRUKTUR KONSULTAN		DRILLING LOG				Coordinate								
Bore No. : BH_1		PROJECT : PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN		Elevation Z : m		Bore Master : Hostalige Munte								
Beginning : July 10 th 2023		LOCATION : SILANGKITANG KECAMATAN SIPOHOLON		Description By : SabasTony Sibagarifang, ST		Drilling Rig : YBM 501								
Ending : July 12 th 2023				Engine : Dornpang		Check By : Samsuardi Batubara, Ir. MT.								
GWL : 16.00 m				Standard Penetration Test (SPT)		N Value Graph								
Scale	Depth (m)	Thickness (m)	G.W. (m)	Symbol	Description	Consistency	Core Recovery in (%)	Methods of sample UDS/SPT	Thickness (m)	Depth	Blows			N Value
											Penetration Each 15cm	N Blows N2 + N3 30cm	N Value Graph	
											15 cm	15 cm	15 cm	
	0.00				Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content, 0.00 - 2.00 m depth.	Medium soft								
	-1.0				Sandy clay, yellow, low plasticity, high moisture content, 2.00 - 5.00 m depth.	Soft								
	-2.0				Sandy clay, grey, low plasticity, high moisture content, 5.00 - 15.00 m depth.	Medium soft								
	-3.0					Very stiff								
	-4.0					Medium soft								
	-5.0					Medium soft								
	-6.0					Stiff								
	-7.0					Medium dense								
	-8.0					Medium dense								
	-9.0					Medium dense								
	-10.0					Dense								
	-11.0					Very dense								
	-12.0				Very dense									
	-13.0				Sand, grey, non plasticity, low moisture content, 15.00 - 28.00 m depth.	Very dense								
	-14.0					Very dense								
	-15.0					Very dense								
	-16.0					Very dense								
	-17.0					Very dense								
	-18.0					Very dense								
	-19.0					Very dense								
	-20.0					Very dense								
	-21.0					Very dense								
	-22.0					Very dense								
	-23.0				Sandstone, grey, non plasticity, low moisture content, 22.00 - 30.00 m depth.	Very dense								
	-24.0					Very dense								
	-25.0					Very dense								
	-26.0					Very dense								
	-27.0					Very dense								
	-28.0					Very dense								
	-29.0					Very dense								
	-30.0					Very dense								
	-31.0					Very dense								
	-32.0					Very dense								

Tabel 4. Hasil Pengujian Laboratorium untuk boring BH_01

Bored Hole no.	BH - 01			
Sample depth (m)	3,00 - 3,50	6,00 - 6,50	9,00 - 9,50	12,00 - 12,50
Condition of sample	UDS	UDS	UDS	UDS
Natural water content W (%)	43,03	40,06	41,25	41,56
Wet density g_{wet} (gr/cc)	1,46	1,51	1,50	1,49
Dry density g_d (gr/cc)	1,02	1,08	1,07	1,05
Specific gravity G_s	2,60	2,62	2,61	2,61
Natural void ratio e	1,54	1,43	1,45	1,47
Degree of saturation S_r (%)	72,50	73,74	74,05	73,38
Porositas (%)	60,71	58,77	59,17	59,58
ATTERBERG LIMIT TEST				
Liquit Limit LL (%)	36,82	36,67	36,85	36,63
Plastic Limit PL (%)	25,82	24,70	26,21	25,71
Plastic Index PI(%)	11,00	11,97	10,64	10,92
SIEVE ANALYSIS TEST				
No. 4 Passing percent (%)	100,00	100,00	100,00	100,00
No. 10 Passing percent (%)	99,50	99,24	99,38	99,26
No. 40 Passing percent (%)	85,82	84,54	83,26	83,14
No. 200 Passing percent (%)	46,22	45,04	44,02	42,88
CONSOLIDATION TEST				
Coeffisien indeks C_c	0,408	0,354	0,369	0,373
Coeffisien of concolidation C_v (cm ² /det)	0,0584	0,0516	0,0537	0,0522
k. Concilidation (cm/det)	0,006175	0,004466	0,004834	0,004558
Pemampatan kembali C_r	0,034	33,000	0,035	0,031
Pre Consolidate P_c (kg/cm ²)	1,700	1,900	1,800	1,800
Tegangan awal P_o (kg/cm ²)	0,516	0,991	1,439	1,880
Over Consolidation Ratio OCR	3,296	1,917	1,251	0,957
DIRECT SHEAR TEST				
Internal Skin Friction (f)	16,76	19,66	17,86	19,30
Cohesivness (c) (kg/cm ²)	0,1001	0,0957	0,0990	0,0946



