

**ANALISIS PENGARUH BESAR NILAI SPT TERHADAP
MODULUS GESER TANAH PADA PROYEK REKLAMASI
BELAWAN**

SKRIPSI

OLEH

**ARMAN JUAN SAPUTRA SIDAURUK
188110098**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repositorv.uma.ac.id)10/1/25

**ANALISIS PENGARUH BESAR NILAI SPT TERHADAP
MODULUS GESER TANAH PADA PROYEK REKLAMASI
BELAWAN**

SKRIPSI

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

Oleh:

ARMAN JUAN SAPUTRA SIDAURUK

188110098

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repositorv.uma.ac.id)10/1/25

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Besar Nilai SPT Terhadap Modulus Geser Tanah Pada Proyek Reklamasi Belawan
Nama : Arman Juan Saputra Sidauruk
NPM : 188110098
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing


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


Dr. Eng. Sunardi, S.T., M.T.
Pembimbing


Ir. Tika Ermita Wilandari, S.T., M.T.
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 30 Agustus 2024

HALAMAN PERNYATAAN

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

Medan, 30 Agustus 2024



Arman Juan Saputra
Sidauruk
188110098



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


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

Nama : Arman Juan Saputra Sidauruk
NPM : 188110098
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Besar Nilai SPT Terhadap Modulus Geser Tanah Pada Proyek Reklamasi Belawan. 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: Agustus 2024
Yang menyatakan


(Arman Juan Saputra Sidauruk)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 17 Juli 2000 dari Ayah Arton Antonius Sidauruk dan Ibu Rostina Uli Manullang. Penulis merupakan putra/i ke 1 dari 5 bersudara. Tahun 2018 Penulis lulus dari SMA/SMK Brigejend Katamso dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Jl. Gaperta Ujung, Kel. Tanjung Gusta, Kec. Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara.



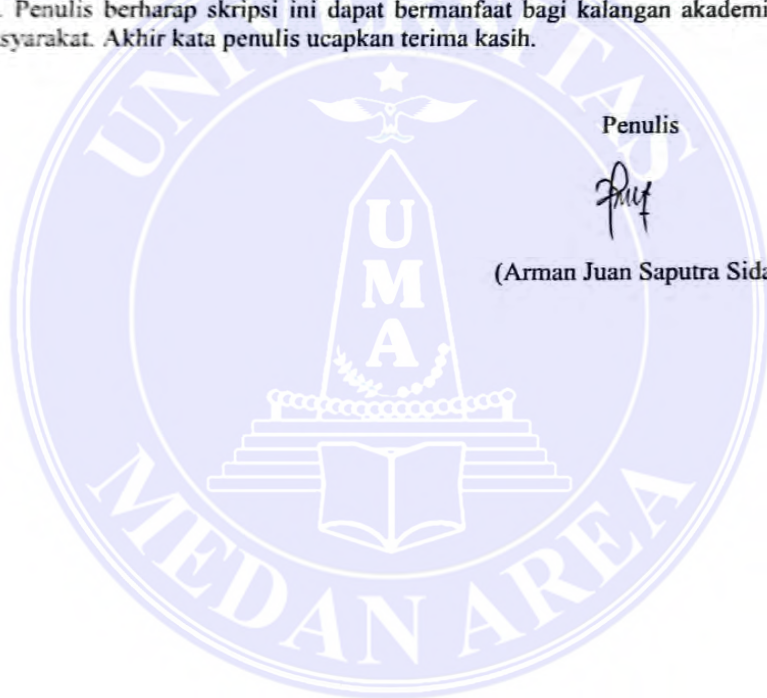
KATA PENGANTAR

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 Tanah dengan judul Analisis Pengaruh Besar Nilai SPT Terhadap Modulus Geser Tanah Pada Proyek Reklamasi Belawan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan sekaligus selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Teman - Teman saya yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Arman Juan Saputra Sidauruk)



ABSTRAK

Reklamasi Belawan dibangun untuk perluasan dermaga peti kemas, namun kondisi tanah eksisting berdasarkan data SPT menunjukkan bahwa tanah tersebut merupakan tanah lunak. Menurut Badan Geologi Indonesia pada peta sebaran tanah lunak di Indonesia, Belawan yang merupakan salah satu wilayah Sumatera Utara berada pada wilayah yang memiliki lapisan tanah lunak. Tanah lunak sering menimbulkan permasalahan pada struktur di atasnya dikarenakan daya dukung tanah yang lemah dan memiliki kadar air yang tinggi sehingga lemahnya konstruksi suatu konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui modulus geser tanah berdasarkan SPT pada Proyek Reklamasi Belawan. Berdasarkan persamaan empiris yang dikembangkan oleh Hardin dan Black, nilai modulus geser maksimum/Gmax semakin tinggi. lapisan tanah pertama dengan kedalaman 2 m memiliki nilai modulus geser/Gmax = 309,517 KN/m² dan lapisan tanah terakhir dengan kedalaman 60 m memiliki nilai modulus geser/Gmax = 183217067 kN/m². Kesimpulannya semakin dalam tanah maka tegangan oktahedral (σ_0) dan modulus geser tanah (Gmax) semakin besar, tegangan vertikal efektif tanah (σ_v) semakin besar modulus oktahedral dan geser tanah (Gmax) dan semakin kecil jumlah pori (e) dalam tanah maka nilai modulus geser tanah (Gmax) semakin besar. Disimpulkan bahwa semakin besar nilai modulus geser tanah cenderung akan meningkatkan kuat geser tanah, sebaliknya tanah dengan modulus geser yang rendah cenderung memiliki kuat geser yang rendah.

Kata Kunci: Reklamasi, Modulus geser tanah, SPT

ABSTRACT

Belawan Reclamation was built for the expansion of the container dock, but the existing soil conditions based on SPT data show that the soil is soft soil. According to the Indonesian Geological Agency on the map of the distribution of soft soil in Indonesia, Belawan, which is one of the areas of North Sumatra, is in an area that has a soft soil layer. Soft soil often causes problems in the structure above it due to the weak soil bearing capacity and has a high water content so that the weak construction of a construction. The purpose of this study was to determine the soil shear modulus based on SPT on the Belawan Reclamation Project. Based on the empirical equation developed by Hardin and Black, the maximum shear modulus value G_{max} is getting higher. the first soil layer with a depth of 2 m has a shear modulus value $G_{max} = 309.517 \text{ KN/m}^2$ and the last soil layer with a depth of 60 m has a shear modulus value $G_{max} = 183217067 \text{ kN/m}^2$. This means that the deeper the soil, the greater the octahedral stress (σ_0) and the soil shear modulus (G_{max}), the higher the effective vertical soil stress (σ_v) the greater the octahedral and soil shear modulus (G_{max}) and the smaller the pore number (e) in the soil, the greater the value of the soil shear modulus (G_{max}). It is concluded that the increasing value of the soil shear modulus tends to increase the shear strength of the soil, conversely soil with a low shear modulus tends to have low shear strength.

Keywords: Reclamation, Soil shear modulus, SPT



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESEHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGHANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terhadulu.....	4
2.2 Reklamasi	13
2.2.1 Jenis – Jenis Reklamasi.....	14
2.2.2 Reklamasi Pantai.....	15
2.2.3 Metode Pelaksanaan Reklamasi Pantai.....	16
2.3 Tanak Lunak	17
2.3.1 Standart Penetration Test (SPT)	18
2.4 Kegunaan SPT	19
2.4.1 Metode Pelaksanaan SPT	21
2.5 Geoteknik.....	21
2.6 Tujuan Geoteknik	23
2.7 Jenis In Situ Test.....	23
2.7.1 <i>Cone Penetration Test</i>	24
2.7.2 <i>Hand Boring</i>	24
2.8 Modulus Geser Tanah.....	24
2.9 Hitungan Modulus Geser Tanah Maksimun(Gmax)	28
2.9.1 Tegangan Tanah	28
2.9.2 Metode Empiris dengan Rumus Hardin & Black..	31
2.10 Rambatan Getaran	33

BAB III.	METODE PENELITIAN	38
3.1	Lokasi Penelitian	38
3.2	Teknik Pengumpulan Data	39
3.3	Data Primer.....	39
3.4	Data Sekunder.....	41
3.5	Tahapan Penelitian.....	42
3.6	Diagram Alur Penelitian.....	43
BAB IV.	HASIL PENELITIAN.....	39
4.1	Perhitungan Tegangan Tanah	39
4.1.1	Perhitungan Tegangan Tanah(σ)	39
4.2	Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal Efektif.....	49
4.3	Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah	51
4.4	Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah.....	53
	Dalam Keadaan Diam(K_0).....	55
4.5	Perhitungan Tegangan Tanah <i>Octahedral</i>	57
4.6	Perhitungan Suatu Konstanta(K)	57
4.7	Perhitungan Modulus Geser Maksimun Tanah(G_{max}).....	59
4.8	Pembahasan	60
BAB V	KESIMPULAN	66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Indeks Plastisitas dan Macam Tanah.....	12
Tabel 2. Nilai Representatif dari Modulus Geser.....	17
Tabel 3. Nilai Poisson Rasio (i).....	27
Tabel 4 Nilai Korelasi Parameter Tanah dengan N-SPT untuk jenis tanah pasir..... (sand) dan lempung (clay).....	29
Tabel 5. Hubungan antara Plastisitas Indeks dengan nilai K.....	32
Tabel 6. Hasil Perhitungan Berat isi tanah.....	42
Tabel 7 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal Efektif	44
Tabel 8. Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas Tanah	46
Tabel 9. Hasil Perhitungan Koefisien Tanah Dalam Keadaan Diam	48
Tabel 10. Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Octahedral	50
Tabel 11. Hasil Perhitungan Suatu konstanta (K)	52
Tabel 12. Hasil Perhitungan Modulus Geser Tanah Maksimum	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Standart Pengujian <i>Cone Penetration Test</i> (CPT).....	9
Gambar 2. Hubungan Antara G/Gmax Lawan Reganga Geser.....	21
Gambar 3. Lokasi Proyek (Google Maps 2024).....	35
Gambar 4. Diagram Air.....	38
Gambar 5. Grafik Perbandingan Niali Tegangan Tanah Octahedral (σ_v) setiap.....	61
Gambar 6. Grafik Perbandingan Modulus Geser Maksimun(G_{max}) Kedalaman.....	62
Gambar 7. Grafik Tegangan Tanah Vertikal Efektif (σ_v).....	63
Gambar 8. Grafik Hubungan Tegangan Tanah Vertikal Efektif (σ_v) dengan Modulus Geser Maksimun / G_{max}	64
Gambar 9. Grafik Hubungan Nilai Tegangan Tanah Octahedral Dengan Modulus Geser Tanah Maksimun.....	65

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Reklamasi merupakan kegiatan menambah luasan daratan pada perairan, dengan cara menimbun menggunakan material pasir, batuan dan tanah sehingga membentuk sebuah daratan yang dapat dimanfaatkan untuk membangun suatu bangunan.

Reklamasi Belawan dibangun untuk perluasan dermaga petikemas, namun kondisi tanah eksisting berdasarkan data SPT menunjukkan tanah tersebut merupakan tanah lunak. Menurut Badan Geologi Indonesia pada peta sebaran tanah lunak di Indonesia, Belawan berada didaerah yang memiliki lapisan tanah yang lunak. Tanah lunak seringkali menimbulkan permasalahan pada struktur diatasnya dikarenakan daya dukung tanah yang lemah dan memiliki kadar air yang tinggi sehingga lemahnya dibangun sebuah konstruksi.

Pada kondisi gempa, tanah mengalami pergerakan. Tanah akan bergetar sebagai efek dari menjalarnya gelombang energi yang memancar dari pusat gempa (Fokus). Dari peristiwa tersebut menyebabkan energi menyebar kesegala arah pada tanah. Gempa bumi memicu gaya dinamik khususnya gaya gesek dinamik yang mengurangi kuat geser (*share strength*) dan kekakuan tanah (*soil stiffness*). Selain gempa bumi pergerakan tanah juga disebabkan oleh pengoperasian mesin yang dapat menghasilkan getaran kelapisan tanah.

Modulus geser tanah merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan dan analisis struktur geoteknik. Modulus geser tanah adalah ukuran

kekakuan tanah terhadap geser atau perubahan bentuk. Ini menggambarkan 2 bagaimana kemampuan tanah untuk menahan gaya geser atau perubahan bentuk yang dapat mempengaruhi perilaku tanah dalam berbagai aplikasi seperti pondasi, dinding penahan tanah, dan struktur geoteknik lainnya. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui berapa besar modulus geser tanah pada proyek Reklamasi Belawan.

Analisis modulus geser tanah berdasarkan SPT dengan metode empiris memiliki keterikatan yang mendalam bagi industri konstruksi saat ini. Dengan menggunakan metode ini memudahkan para insinyur dan perencana mendapatkan informasi yang lengkap tentang jenis tanah atau sifat fisik tanah disuatu lokasi proyek. Oleh sebab itu peneliti tertarik mengambil judul Analisis Modulus Geser Tanah berdasarkan SPT pada Proyek Pembangunan Reklamasi Belawan.

Standart Penetration Test (SPT) merupakan salah satu teknik yang sangat penting dalam bidang teknik sipil. Ini merupakan pengujian lapangan yang digunakan untuk menentukan karakteristik fisik dan mekanika tanah dibawah permukaan. Sondir memiliki berbagai aplikasi termasuk perencanaan konstruksi, perencanaan fondasi, dan penilaian resiko geoteknik.

Standar Penetration test merupakan teknik pengujian lapangan yang melibatkan pengeboran tabung baja ke dalam tanah dengan menggunakan tindakan penembakan atau dorongan berulang. Peralatan sondir terdiri juga dari tabung baja (menggunakan hammer berat) yang ditembakkan ke dalam tanah dengan cepat. Setiap dorongan tabung mengukur hambatan yang dihadapi oleh tanah, yang kemudian digunakan untuk menentukan karakteristik geoteknik tanah di bawah

permukaan tanah, Penyelidikan geoteknik adalah salah satu kegiatan dalam bidang geoteknik yang dilakukan untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan rekayasa (*engineering*). Ada dua jenis penyelidikan geoteknik yang dilakukan yaitu (1) penyelidikan lapangan (*in situ test*) dan (2) penyelidikan laboratorium (*laboratory test*). Penyelidikan lapangan umumnya terdiri machine boring, SPT (*Standard Penetration Test*), CPT (*Cone Penetration Test*), DCP (*Dynamic Cone Penetration*), *Pressuremeter Test* (PMT), *Dilatometer Test* (DMT), *Field Permeability Test*, dll. Sedangkan penyelidikan laboratorium terdiri dari *index properties* (*water content, spesific gravity, atterberg limit, sieve analysis, unit weight*), *engineering properties* (*direct shear test, consolidation test, triaxial test, permeability test, compaction test, CBR test*). *Standart penetration test* sering digunakan sebagai alat uji in situ untuk mengetahui kekuatan pelapisan tanah pada lokasi proyek. Dengan menggunakan korelasi empiris dari data sondir dapat juga ditentukan jenis tanah, dan parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam desain.

Beberapa kelemahan dari *standart penetration test* adalah tidak dapat dilakukan deskripsi tanah secara langsung, tidak dapat dilakukan pengambilan sampel untuk uji laboratorium, sulit menembus tanah jika ditemukan adanya kerikil, boulder dan cobble atau menembus lensa tanah yang keras. Pemilihan jenis pengujian yang dilakukan sangat tergantung kepada jenis konstruksi yang akan dikerjakan pada lokasi. Jenis penyelidikan akan berbeda untuk bangunan tinggi, galian dalam (*deep eavation*), timbunan (*fill*), terowongan (*tunelling*), jalan raya (*highway*), bendungan, dermaga dll.

Analisis pengaruh besar nilai *standart penetration test* terhadap modulus geser tanah pada proyek reklamasi belawan memiliki keterikatan yang mendalam bagi industri konstruksi saat ini. Dengan menggunakan metode ini memudahkan para peneliti dan perencanaan mendapatkan informasi yang lengkap tentang jenis tanah atau fisik tanah disuatu lokasi proyek. Oleh sebab itu penulis yang tertarik mengambil judul “Analisis pengaruh besar nilai SPT terhadap modulus geser tanah pada proyek reklamasi belawan”.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka dapat diperoleh rumusan masalah yaitu bagaimana menginterpretasikan data N-SPT untuk mendapatkan nilai modulus geser tanah dimana nilainya tergantung pada sifat fisik dan bagaimana pengaruh parameter tanah terhadap nilai geser tanah.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah melakukan analisis modulus geser tanah berdasarkan data N-SPT untuk proyek pembangunan reklamasi belawan. Sedangkan tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah menggunakan persamaan empiris.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak lari dari pembahasan maka penulis memberikan batasan :

1. Penelitian pada judul ini menggunakan metode empiris
2. Data yang diambil berupa data N-SPT
3. Hanya berfokus pada analisis modulus geser tanah

1.5 Manfaat Penelitian

1. Pemahaman tentang perilaku sifat fisik mekanik tanah dan mekanik tanah sebagai dasar perencanaan dan perancangan bangunan
2. Analisis pengaruh besar nilai N-SPT terhadap daya dukung tanah menggunakan metode empiris dapat memberikan pendekatan awal yang cepat dalam perencanaan proyek.



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 tidak menemukan yang sejenis dengan 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 dengan penelitian penulis.

1. Edy Purwanto (2008), dengan judul penelitian Nilai Modulus Geser Tanah Berdasarkan Rumus Hardin & Dermevich(1972) dan Menard (1962) dari Uji Laboratorium. Dari Hasil penelitiannya diperoleh bahwa: Tanah lempung yang berasal dari Salaman berdasarkan Rumus Hardin & Demevich modulus geser maksimum rata-rata didapatkan sebesar 15,95 Mpa. Tanah lempung yang berasal dari mertoyu dan berdasarkan rumus Hardin & Drnevich modulus geser maksimum rata-rata didapatkan 5,461 Mpa, dibandingkan dengan rumus Menard didapatkan sebesar 14,83 Mpa. Tanah lempung yang berasal dari sungai Karasak berdasarkan Rumus Hardin & Drnemich modulus geser maksimum rata-rata didapatkan sebesar 12,942 Mpa, dibandingkan dengan rumus Menard didapatkan sebesar 28,09 Mpa.

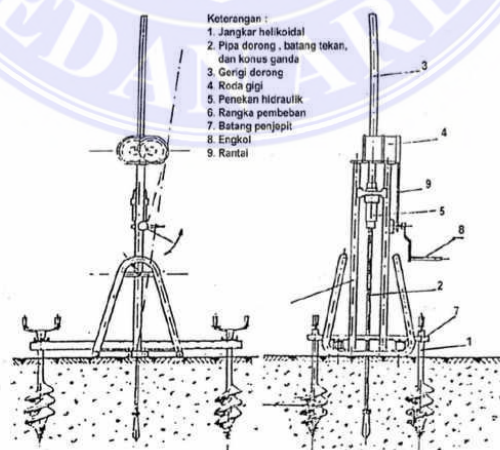
2. Edy Nugroho dan Sity Khomariyah (2005), dengan judul penelitian Studi Eksperimental di Labortorium Tentang Nilai Modulus Geser berdasarkan Rumus Hardin dan Black serta Menard. Hasil dari penelitiannya menjelaskan bahwa : Dengan rumus Hardin dan Black Penambahan kadar air sebesar 5% dari kadar air lapangan menyebabkan nilai modulus geser tanah (G_{max}) bertambah dari 19,457 MPa menjadi 19,87 MPa, sebaliknya jika pengurangan air kadar 5% maka nilai modulus geser tanah (G_{max}) menurun dari 19,457 MPa menjadi 19,236 MPa. Penambahan berat volume 5% dari berat volume lapangan menyebabkan nilai modulus geser tanah (G_{max}) menurun dari 19,457 MPa menjadi 15,056 MPa, sebaliknya jika pengurangan berat volume 5% maka nilai modulus geser tanah (G_{max}) tetap menurun dari 19,457 MPa menjadi 18,433 MPa. Pada tanah pasir data yang diperoleh nilai modulus geser tanah (G_{max}) pada kondisi air dan berat volume lapangan adalah 16,736 MPa. Menurut rumus Menard penambahan kadar air 5% dari kadar air lapangan bisa menyebabkan nilai modulus geser tanah (G_{max}) bertambah dari 10,17 menjadi 16,13 MPa, sebaliknya jika pengurangan kadar air 5% maka nilai modulus geser tanah (G_{max}) tetap bertambah dari 10,17 MPa menjadi 16,72 MPa. Penambahan berat volume 5% dari berat volume lapangan menyebabkan nilai modulus geser tanah (G_{max}) bertambah dari 10,17 MPa menjadi 27,03 MPa, sebaliknya jika pengurangan berat volume 5% maka nilai modulus geser tanah (G_{max}) akan tetap bertambah dari 10,17 MPa menjadi 11,83 MPa. Pada tanah pasir diperoleh data bahwa nilai Modulus (G_{max}) pada kondisi kadar air dan berat volume lapangan adalah 62,14 Mpa.

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 ini 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 UI, kondisi tanah lapangan/tidak terganggu (*undisturbed*) memperoleh nilai modulus geser maksimum yaitu 13,343 kPa (Hardin & Richard) dan 90,010 kPa (Menard).

Secara umum SPT merupakan alat yang merupakan representasi dari pondasi tiang dalam skala kecil yang berbentuk silinders dengan ujungnya berupa bikonus. Bikonus ditekan kedalam tanah dengan menggunakan seperangkat alat penekan manual atau hidrolis dengan perantara stang pipa sondir lengkap dengan batang dalam sebagai penghubung bikonus dengan manometer pembaca perlawanan dan hambatan lekat tanah (umumnya panjang masing-masing = 1 m). Dalam bidang teknik sipil, istilah tersebut tidak lah asing lagi, apalagi dalam perencanaan bangunan bebobot berat, test sondir wajib dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan dan untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras (*Estimate Hard Soil*).

Hal tersebut bertujuan untuk mendesain type pondasi yang tepat/cocok serta ekonomis dan Pondasi yang akan digunakan mampu untuk menahan beban bangunan yang di atasnya, sehingga bangunan tersebut tetap kokoh dan tidak mengalami penurunan (*Settlement*) yang bisa saja membahayakan dari sisi keselamatan akan bangunan dan penghuni didalamnya. CPT merupakan penyelidikan minimal untuk mengetahui kondisi geoteknik di wilayah proyek. Sondir juga ditentukan dalam SNI 2827:2008 melibatkan pengujian penetrasi lapangan menggunakan alat Sondir. Pada prinsipnya standar nasional yang ditetapkan sebagai SNI 2827:2008 adalah memberikan metode uji penetrasi sondir untuk mendapatkan parameter kedap air tanah in-situ dengan menggunakan alat sondir (penetrasi semi statis).

Parameter tersebut berupa kuat kerucut (q_c), kuat geser (f_s), rasio geser (R_f) dan gaya geser tanah total (T_f), yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan lapisan tanah sebagai bagian dari desain paku. Dibawah ini merupakan contoh gambar dari *Cone Penetration Test (CPT)*.



Gambar 1. Pengujian Standart Penetration Tes (CPT)

Standar ini menjelaskan prinsip metode uji penetrasi lapangan melalui probe, termasuk sistem peralatan uji penetrasi lapangan dan peralatan serta perangkat lainnya serta persyaratan pengujian, metode pengujian, perhitungan perhitungan parameter ketahanan penetrasi tanah, laporan pengujian dan sampel uji.

Metode pengujian ini berlaku untuk perangkat penetrasi kerucut tunggal dan ganda yang ditekan secara mekanis (hidrolik). Dari segi teknis, penggunaan data CPT secara umum ditujukan untuk desain bangunan atas tidak lebih dari 3 (tiga) lantai. Namun jika bangunan atas melebihi 3 (tiga) lantai, biasanya akan dilakukan pengeboran uji untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Oleh karena itu, juga akan ditinjau dan disesuaikan dengan standar ketinggian bangunan yang telah ditentukan. Uji CPT dapat mencapai kedalaman hingga 30 meter untuk spesifikasi alat uji CPT 2 ton (light probe) dan hingga 50 meter untuk spesifikasi alat uji CPT 10 ton (heavy probe). Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Batas plastis (ASTM D-4318, 1998) didefinisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. seperti telah diuraikan sebelumnya, apabila kadar air di dalam tanah berkurang, maka tanah menjadi lebih keras dan memiliki kemampuan untuk menahan perubahan bentuk. Perubahan tanah dari cair menjadi padat tersebut akan melalui fase yang dinamakan semi padat. Pengujian batas plastis dimaksudkan untuk menentukan besarnya kadar air di dalam contoh tanah pada saat tanah akan berubah dari fase plastis menjadi fase semi padat atau sebaliknya.

Untuk mengklasifikasikan tanah digunakan distribusi ukuran butir. Namun pada tanah halus yaitu lanau dan lempung tidak ada hubungan langsung antara ukuran dan sifatnya. Oleh karena itu untuk menyatakan sifat dan mengklasifikasikannya maka dibuatlah batas-batas konsistensi yang juga disebut sebagai batas-batas Atterberg.

Batas-batas Atterberg terdiri atas Batas Cair (*Liquidity Limit*), Batas Plastis (*Plasticity Limit*), dan Batas Susut (*Shrinkage Limit*). Konsistensi suatu tanah dipengaruhi oleh sifat kohesif partikel tanah dan kadar air yang terkandung di dalamnya. Disebut konsistensi karena dibutuhkan kedudukan fisik tanah pada kadar air tertentu untuk tetap melekat dan tetap pada kondisinya. Jika batas konsistensinya dilewati maka tanah yang sebelumnya berada pada keadaan padat dapat berubah pada keadaan plastis, semi-plastis, dan cair. Pada pengujian yang ada tanah yang dipakai harus melewati ayakan No. 40 ini berarti pengujian hanya bisa dilakukan pada tanah berbutir halus seperti lanau dan lempung. Dari praktikum yang dilakukan, diketahui bahwa saat kadar air pada conto uji meningkat maka jumlah pukulan pada alat casagrande menurun. Pengujian dilakukan 4 kali agar mendapatkan 2 titik di bawah 25 pukulan dan 2 titik di atas 25 pukulan, hal ini dilakukan agar dalam pembuatan kurva aliran (*flow curve*) lebih mendekati kondisi tanah yang ada. Casagrande (1932) telah menyimpulkan bahwa tiap-tiap pukulan dari alat uji batas cair adalah bersesuaian dengan tegangan geser tanah sebesar kira-kira 1 g/cm^2 ($\sim 0,1 \text{ kN/m}^2$). Oleh karena itu, batas cair dari tanah berbutir halus adalah kadar air dimana tegangan tanahnya adalah kira-kira 25 g/cm^2 ($\sim 2,5 \text{ kN/m}^2$). Maka dari itu batas cair ditentukan pada 25 pukulan alat casagrande.

Pada batas plastis sendiri jika digelintir hingga 3 mm dan terjadi retakan maka batas plastisitas tanah sudah terlampaui. Pada keadaan plastis suatu tanah pada kadar air tertentu akan memiliki gaya kohesif yang besar dan kadar air yang tepat sehingga partikel tanah dapat tergelincir tanpa berubah dari keadaan plastis. Ketika kadar air lebih sedikit maka partikel tanah tidak mempunyai bidang lincir yang cukup sehingga bisa terjadi retakan atau meninggalkan keadaan plastisnya.

Indeks plastisitas atau *plasticity index* (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Oleh karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel.

Tabel 1. Indeks Plastisitas dan Macam Tanah (Darwis, Dasar – dasar tanah, 2018)

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastisitas	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
17 >	Plalstisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Tanah berbutir halus yang mengandung mineral lempung sangat peka terhadap perubahan kandungan air. Atterberg telah menentukan titik-titik tertentu berupa batas cair (*Liquid Limit*, LL), batas plastis (*Plastic Limit*, PL) dan batas kerut/susut (*Shrinkage Limit*, SL).

Dengan mengetahui nilai konsistensi tanah maka sifat-sifat plastisitas dari tanah juga dapat diketahui. Sifat-sifat plastisitas dinyatakan dengan harga indeks plastisitas (Plasticity Index, IP) yang merupakan selisih nilai kadar air batas cair dengan nilai kadar air batas plastis ($IP=LL - PL$).

Nilai IP yang tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut peka terhadap perubahan kadar air dan mempunyai sifat kembang susut yang besar, serta besar pengaruhnya terhadap daya dukung atau kekuatan tanah. SPT dilakukan adalah untuk mendapatkan data teknis tanah yang digunakan dalam perencanaan pondasi secara keseluruhan pada bangunan tersebut. Data tanah yang akan diperoleh dalam pengujian sondir sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui daya dukung tanah setiap lapisan dan kedalaman tanah keras (*Estimate Of Hard Soil*).
2. Untuk mendapatkan daya dukung tanah melalui perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya transversal satuan luas dan hambatan lekat atau perlawanan geser terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan panjang.

2.2 Reklamasi

Secara umum reklamasi merupakan suatu proses pemulihan pada daratan dengan membuka daratan yang baru dikawasan pesisir. Reklamasi adalah upaya perluasan daratan atau tanah untuk dibuat lahan baru yang dapat dimanfaatkan untuk pembangunan perumahan, industri, bisnis, pertokoan, pertanian atau pariwisata.

Reklamasi dilakukan di negara – negara dan kota – kota yang besar yang tingkat pertumbuhan dan luas lahan yang dibutuhkan meningkat pesat, namun terkendala oleh kontraksi lahan (keterbatasan lahan). Dalam kondisi seperti ini, perluasan kota ke arah darat tidak lagi memungkinkan dan dibutuhkan lahan baru. Tujuan dari reklamasi yaitu memperbaiki lahan yang rusak, dimana gelombang yang besar pada pesisir pantai sering kali merusak area disekitarnya oleh karena itu perlu dilakukannya reklamasi. Fungsi reklamasi adalah untuk memulihkan kondisi pesisir dan juga memulihkan upaya perlindungan untuk 7 menghindari kerusakan dikemudian hari. Reklamasi merupakan salah satu cara yang tepat untuk mencegah terjadinya erosi pada pesisir pantai dan dengan adanya reklamasi akan memperkuat wilayah tersebut. Memperluas lahan menjadi salah satu tujuan utama reklamasi dengan meningkatnya jumlah jiwa dan berkurangnya lahan-lahan menjadi faktor utama adanya reklamasi.

2.2.1 Jenis – Jenis Reklamasi

a. Reklamasi Daratan

Reklamasi daratan biasanya disebut sebagai reklamasi, adalah proses pembuatan lahan baru dari dasar laut atau dasar sungai. Lahan yang direklamasi disebut sebagai lahan reklamasi atau reklamasi. Membuka rawa atau pertanian adalah contoh perusakan habitat. Dibeberapa bagian dunia, hukum lingkungan membatasi atau melarang proyek reklamasi lahan baru.

b. Reklamasi Pantai

Reklamasi pantai merupakan proses peluasan didaerah pantai dengan cara menimbun laut dengan material tertentu yang dapat berupa batu, tanah, dan pasir. Dengan begitu akan berbentuk daratan baru yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai pembangunan fasilitas kota seperti pelabuhan, pemukiman, dan lain sebagainya.

2.2.2 Reklamasi Pantai

Pada perencanaan Reklamasi pantai, material yang digunakan untuk penimbunan tidak boleh berupa pasir halus berbutir homogen 100% atau material yang memiliki kandungan lempung $\geq 20\%$. Jika penimbunan reklamasi memiliki material pasir halus berbutir homogen 100% akan mengalami likuifaksi saat terjadi gempa seismik. Likuifaksi adalah naiknya harga tegangan pori (u) hingga sama dengan nilai tegangan *overburden* (σ_0), sehingga mengakibatkan tegangan efektif (σ') sama dengan nol. Jika timbunan reklamasi didalam laut dengan material mengandung lempung $\geq 20\%$, maka akan mengakibatkan instabilitas didalam timbunan reklamasi tersebut akibat dari kembang susut yang besar, *settlement* yang besar, partikel tanah mudah bergerak, dan lain-lain. Apabila kondisi-kondisi tersebut terjadi pada timbunan reklamasi, maka timbunan reklamasi tanah akan runtuh atau *rupture*.

Persyaratan teknik material yang biasa digunakan dalam merencanakan timbunan reklamasi menurut Wahyudi (1997) sebagai berikut :

- a. Bersih dan bebas dari bahan organik.
- b. Diameter Maksimum butiran = 20 cm
- c. Memiliki persentase material berdimensi halus (lebih kecil dari 0,08 mm) < 20%
- d. Memiliki *Relative Density* (D_r) minimum sebesar 80% untuk zona diatas permukaan air pasang dan minimum 60% untuk zona diatas muka air pasang.
- e. Memiliki permeabilitas (K) minimum = 1×10^{-5} m/s.

2.2.3 Metode Pelaksanaan Reklamasi Pantai

Proses awal pelaksanaan yaitu pembuatan tanggul disepanjang kawasan reklamasi yang tujuannya untuk menahan gerusan air laut dan menahan material timbunan timbunan supaya tetap dalam kawasan reklamasi. Setelah pekerjaan tanggul selesai, kemudian dilanjutkan dengan pekerjaan *dewatering*, pekerjaan *dewatering* adalah proses mengeluarkan air dari kawasan reklamasi, ini bertujuan untuk menurunkan elevasi air laut selama proses penimbunan, agar memperoleh timbunan yang optimal dan timbunan tidak mengandung kadar air yang tinggi. Selanjutnya penghamparan material. Penghamparan material dilakukan berlapis/layer dengan ketebalan padat sesuai yang direncanakan, kemudian dilanjutkan pemadatan dan perataan dengan menggunakan alat berat sehingga tidak terdapat cekungan – cekungan yang memungkinkan menjadi tempat tampungan air apabila turun hujan.

2.3 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. Salah satunya Belawan, merupakan daerah yang berada di pesisir pantai Sumatera Utara yang memiliki jenis tanah gambut dan tanah organik menurut badan Geologi Indonesia pada peta sebaran tanah lunak di Indonesia. Tanah lunak umumnya memiliki sifat kompresibilitas yang tinggi, permehabilitas 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 (*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.

Menurut Hardiyanto (2006), sifat - sifat tanah lempung adalah sebagai berikut :

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

Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, tetapi dapat bercampur dengan butiran – butiran ukuran lanau dan juga bercampur dengan bahan organik.

2.3.1 *Standart Penetration Test (SPT)*

Dalam geoteknik, terdapat beberapa jenis tes SPT yang digunakan untuk mengukur sifat-sifat tanah di bawah permukaan. Dua jenis SPT yang umum biasa kita jumpai adalah:

1. *Standard Penetration Test (SPT)*

SPT adalah salah satu jenis tes yang paling umum digunakan di seluruh dunia. Prosedurnya melibatkan penggunaan hammer berat untuk menancapkan sebuah drive sampler atau alat bor ke dalam tanah. Drive sampler tersebut memiliki ujung yang tajam dan lubang di bagian bawahnya untuk mengumpulkan sampel tanah. Selama uji, drive sampler dijatuhkan dengan kecepatan tertentu ke dalam tanah sebanyak 30 kali. Jumlah pukulan yang terpakai untuk mendalami drive sampler sejauh 18 inci (45,7 cm) yang berguna untuk menghitung nilai N-SPT (jumlah pukulan). Nilai N-SPT adalah parameter yang mengindikasikan kekuatan tanah di bawah permukaan. SPT sering digunakan dalam perencanaan fondasi dan juga analisis geoteknik.

2. *Cone Penetration Test (CPT)*

Cone Penetration Test (CPT) adalah jenis tes CPT lain yang sering digunakan dalam geoteknik. Dalam CPT, sebuah konus baja dengan ujung tajam digunakan untuk menembus tanah di bawah permukaan. Alat ini memiliki sensor untuk mengukur tahanan friksi dan adhesi saat konus masuk ke dalam

tanah. Data ini digunakan untuk menilai kekuatan dan karakteristik tanah di bawah permukaan, serta untuk mengidentifikasi lapisan-lapisan tanah dan batuan. CPT dapat digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dan juga analisis ketahanan tanah terhadap gaya dorong.

2.4 Kegunaan SPT

SPT ini juga memiliki kontribusi yang sangat penting dalam hal dunia konstruksi, yaitu menyediakan informasi – informasi yang penting dan juga krusial yang mendukung perencanaan dan konstruksi bangunan. Berikut kegunaan sondir yang diperoleh dari pelaksanaan tes CPT dalam konteks proyeksi konstruksi.

1. Mengetahui Karakteristik Tanah

Tes sondir tidak hanya mengumpulkan informasi umum tentang tanah, lebih dari itu, metode ini memberikan pemahaman mendalam mengenai karakteristik dan sifat tanah di sekitar area konstruksi, melibatkan kepadatan, kekuatan, konsistensi, dan permeabilitas.

2. Menghasilkan data tentang perubahan tekanan hidrolik tanah

Penggunaan alat sondir berbentuk pipa besi dengan ujung runcing, didorong ke dalam tanah dengan tekanan hidrolik atau secara manual, menghasilkan data tentang perubahan tekanan hidrolik. Data ini menggambarkan sifat dan karakteristik tanah dengan akurat.

3. Menghasilkan standar keamanan pondasi yang akurat.

Informasi mengenai kedalaman tanah keras memainkan peran penting dalam merancang pondasi.

Data dari tes spt ini memungkinkan perancangan pondasi sesuai dengan standar keamanan, memberikan dasar yang kokoh, dan menjaga kestabilan struktur bangunan.

4. Upaya mencegah kegagalan struktur

Kegagalan struktur bangunan dapat dihindari dengan memahami pentingnya Pengujian *Soil Test*. Proses uji spt sangat disarankan, memungkinkan desain pondasi yang aman dan efektif sesuai dengan karakteristik tanah dari bangunan yang akan dibangun.

5. Keterkaitan antara daya dukung tanah dan data sondir

Ketepatan nilai tahanan konus (qc) sebagai parameter pengukur konsistensi tanah menjadi terang benderang. Hubungan yang erat antara kuat dukung tanah dan hasil uji sondir termanifestasi melalui klasifikasi jenis dan tingkat konsistensi tanah berdasarkan nilai qc , memberikan pemahaman mendalam tentang karakteristik tanah.

6. Alat spt sebagai representasi pondasi tiang.

Alat spt, berbentuk silindris dengan konus pada ujungnya, bukan hanya alat uji tanah biasa. Alat *standart penetration test* merupakan representasi model pondasi tiang dalam skala kecil yang telah digunakan sejak zaman dulu, memberikan informasi cepat, ekonomis, dan mudah pemakaiannya.

7. Hasil dan analisis sondir

Data dari tes spt dipresentasikan dalam diagram atau grafik, mencerminkan relasi antara kedalaman dengan qc , fs , *total friction*, dan *friction ratio*, memberikan wawasan lebih mendalam mengenai karakteristik tanah. Dengan

mengungkap keajaiban di balik tes sondir, kita dapat memahami betapa krusialnya peran metode ini dalam menjamin suksesnya proyek konstruksi dan keamanan struktur bangunan.

2.4.1 Metode Pelaksanaan SPT

1. Pengeboran: Sonder memulainya dengan membor lubang vertikal ke dalam tanah. Peralatan sonder terdiri dari tabung baja dengan ujung penajaman yang tajam.
2. Pengujian: Tabung baja ditembakkan ke dalam tanah dengan dorongan berulang menggunakan hammer berat. Setiap kali tabung baja ditembakkan, hambatan tanah dicatat.
3. Penyusunan Data: Data yang diperoleh selama sondir, termasuk jumlah dorongan, kedalaman, dan hambatan tanah, kemudian dianalisis untuk menentukan karakteristik tanah.
4. Interpretasi Data: Data sondir digunakan untuk menghitung berbagai parameter geoteknik, seperti nilai N-SPT (jumlah dorongan), yang memberikan informasi tentang kekuatan tanah di berbagai kedalaman.
5. Laporan: Hasil analisis data dibuat dalam laporan sondir, yang digunakan oleh insinyur sipil dan perencana konstruksi untuk merancang proyek.

2.5 Geoteknik

Penyelidikan geoteknik adalah salah satu kegiatan dalam bidang geoteknik yang dilakukan untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan rekayasa (*engineering*). Ada dua jenis penyelidikan geoteknik yang dilakukan yaitu (1) penyelidikan lapangan (*in situ test*) dan (2) penyelidikan laboratorium (*laboratory*

test). Penyelidikan lapangan umumnya terdiri machine boring, SPT (*Standard Penetration Test*), CPT (*Cone Penetration Test*), DCP (*Dynamic Cone Penetration*), *Pressuremeter Test* (PMT), *Dilatometer Test* (DMT), *Field Permeability Test*, dll. Sedangkan penyelidikan laboratorium terdiri dari *index properties* (*water content, spesific gravity, atterberg limit, sieve analysis, unit weight*), *engineering properties* (*direct shear test, consolidation test, triaxial test, permeability test, compaction test, CBR test*). CPT atau sering juga disebut dengan *dutch cone penetrometer* atau sondir sering digunakan sebagai alat uji in situ untuk mengetahui kekuatan pelapisan tanah pada lokasi proyek. Dengan menggunakan korelasi empiris dari data sondir dapat juga ditentukan jenis tanah, dan parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam desain. Beberapa kelemahan dari spt adalah tidak dapat dilakukan deskripsi tanah secara langsung, tidak dapat dilakukan pengambilan sampel untuk uji laboratorium, sulit menembus tanah jika ditemukan adanya kerikil, boulder dan cobble atau menembus lensa tanah yang keras. Pemilihan jenis pengujian yang dilakukan sangat tergantung kepada jenis konstruksi yang akan dikerjakan pada lokasi. Jenis penyelidikan akan berbeda untuk bangunan tinggi, galian dalam (*deep eavation*), timbunan (*fill*), terowongan (*tunelling*), jalan raya (*highway*), bendungan, dermaga dll. Penyelidikan geoteknik yang dilakukan untuk Project Pembangunan Tower adalah penyelidikan lapangan (*in situ test*) yang terdiri dari *Cone Penetration Test* (CPT), *Hand Boring* dan Uji Laboratorium.

2.6 Tujuan Geoteknik

Tujuan penyelidikan geoteknik yang dilakukan adalah:

1. Mengetahui stratigrafi atau sistem pelapisan tanah.
2. Mengetahui kekuatan tanah pada setiap kedalaman tertentu hingga kedalaman tanah keras. Hal ini dapat diperoleh melalui pengujian Cone Penetration Test di lapangan. Selain itu dengan menggunakan beberapa korelasi empiris yang telah banyak digunakan selama ini maka dapat ditentukan parameter – parameter kekuatan tanah dengan menggunakan hasil pengujian CPT.
3. Mengetahui kedalaman muka air tanah (*ground water level*) di lokasi. Hal ini dapat diperoleh dari hasil boring.
4. Mengambil sampel tanah (*undisturbed sample*) dari lokasi untuk diuji di laboratorium. Hal ini dapat diperoleh melalui boring.
5. Menentukan sifat fisis dan mekanis lapisan tanah berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah yang terganggu (*disturbed soil*) dan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*).

2.7 Jenis In Situ Test

Jenis pengujian yang dilakukan adalah penyelidikan lapangan (*in situ test*), yang terdiri dari penyelidikan lapangan (*in situ test*) yang terdiri dari *Cone Penetration Test* (CPT) , *Hand Boring* dan Uji Laboratorium. Pada bagian ini akan dijelaskan hasil *in situ test* di lapangan yakni boring dan *Cone Penetration Test /Sondering*.

2.7.1 *Cone Penetration Test (CPT)*

Penyondiran dilaksanakan dengan alat sondir ringan kapasitas 2.5 ton dilengkapi dengan *adhesion jacket Cone Type Bagemann* yang dapat mengukur perlawanan penetrasi konus (*cone resistance*) dan hambatan lekat (*local Friction*) secara langsung di lapangan. Penyondiran dilakukan hingga mencapai tanah keras di mana perlawanan konus $> 150 \text{ kg/cm}^2$ atau telah mencapai jumlah hambatan lekat 2,5 ton. Hasil penyondiran ditampilkan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah permukaan tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (q_c) dan jumlah hambatan lekat (TF).

2.7.2 *Hand Boring*

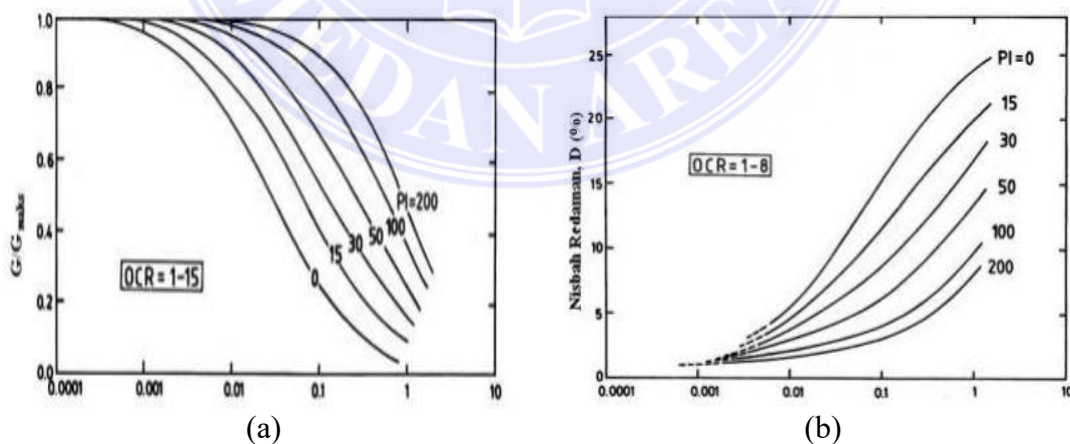
Pemboran di lapangan dilaksanakan dengan manual mempergunakan Auger type Iwan direncanakan dengan kedalaman 4 - 6 m. Di dalam pekerjaan pemboran dilaksanakan pula pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) dan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*). Tujuan pengambilan contoh tanah tidak terganggu untuk menjalani pemeriksaan di laboratorium untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan sifat-sifat teknis tanah. Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan setiap interval 2 m.

2.8 **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 :

Vucuec dan Dobry (1991), penelitiannya tentang indeks plastisitas (PI) terhadap perilaku dinamik atau perilaku statik tanah lempung. Besarnya nilai modulus geser untuk setiap regangan geser akan dinormalisiskan 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 di tunjukkan Gambar 2 grafik berikut :



Gambar 2. Hubungan antara G/G_{max} lawan regangan geser (Josep E. Bowles, Analisis dan desain Pondasi, 1996)

Pada gambar 2.a menunjukkan bahwa tanah yang memiliki indeks plastisitas tinggi (tanah lempung jenuh air) memiliki nilai normalisasi modulus geser tanah yang masih relatif masih tinggi pada suatu gerakan 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} yang 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 2.b 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 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 pengajuan 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 regangan Modulus Geser (G) *Poiltion* *Rations* dan Modulus Tegangan Regangan (E), yang dipersentasikan beberapa ahli.

Tabel 2. Nilai Representatif dari Modulus Geser (G) (Josep E Bowles, Analisa dan Desain Pondasi)

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 Berlumpul Lembek	1,3 - 2	9 – 15
Basah		
Lempung Berlumpur Lembek	2,5 - 3	17 – 24
Kering		
Lempung Berlumpur Kering	4 – 5	25 – 35
Lempung Sedang	2 – 4	12 – 30
Lempung Berpasir	2 -4	12 - 30

Tabel 3. Nilai Poison Rasio (i) (Josep E Bowles, Analisa dan Desain Pondasi)

Jenis Tanah	Poison Rasion
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung Berpasir	0,3 – 0,35
Lanau	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(tergantung jenis batuan)
Tanah Lus	0,1 – 0,3
Es	0,36
Beton	0,15

2.9 Hitungan Modulus Geser Maksimum (Gmax)

Modulus geser adalah salah satu karakteristik dinamis yang umumnya dinyatakan dengan notasi (G). Nilai modulus ini merupakan perbandingan antara regangan geser (r) 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).

2.9.1 Tegangan Tanah

Tegangan pada lapisan tanah yang diakibatkan oleh adanya beban dari tanah yang terdapat di atasnya tanpa memperhitungkan tegangan air pori yang diakibatkan oleh air (μ) disebut tegangan vertikal total.

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

Dimana :

$$\sigma_v = \text{Tegangan vertikal total tanah} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\gamma = \text{Berat isi lapisan tanah} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$z = \text{Kedalaman tanah yang ditinjau} \quad (\text{m})$$

Jika tanah dibebani (dan karena air) disebut incompressible, maka beban pertama yang diterima air dan timbul adalah tekanan air pori.

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

$$\mu = \text{Tekanan air pori tanah} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\gamma_w = \text{Berat volume air} = 9.81 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$z = \text{Kedalaman tanah yang ditinjau} \quad (\text{m})$$

Air yang bertekanan kemudian akan mengalir keluar sehingga tekanan air pori akan berkurang. Setelah tekanan air pori hilang, maka seluruh beban akan dipikul oleh bidang kontak antar butiran tanah yang disebut tegangan vertikal efektif.

$$\sigma'v = \sigma v - \mu \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$\sigma'v$ = Tegangan vertikal efektif tanah (kN/m²)

σv = Tegangan vertikal total tanah (kN/m²)

μ = Tegangan pori air (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 kolerasi pada tabel 3 dibawah ini :

Tabel 4. Nilai Korelasi Paramater 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 <i>Dr</i> %	γ (kN/m ²)	ϕ^1 (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^1 (deg)
0 -1	<i>Very Soft</i>		15.7 – 18.8	20
3 - 2	<i>Soft</i>		17.3 – 20.4	12
4 – 7	<i>Medium</i>			25
8 – 15	<i>Stiff</i>			
16 – 31	<i>Very Stiff</i>		18.8 – 22.0	100
32	<i>Hard</i>			200

Pada nilai korelasi diatas, untuk mendapatkan berat isi jenis 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 :

- y = Berat isi tanah
- x = Selisih nilai N-SPT (Batas atas – batas bawah)
- γ = Selisih nilai N-SPT (Nilai N-SPT pengujian – batas bawah)
- z = Selisih (γ_{atas} – γ_{bawah})
- γ_1 = Nilai γ

2.9.2 Metode Empiris dengan Rumus Hardin dan black

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

- a. Pasir berdegradasi bulat

$$G_{max} = \frac{6908(2,71 - e)^2}{1 + e} (\bar{\sigma})^{0,50} \dots\dots\dots(5)$$

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

- b. Pasir bersudut

$$G_{max} = \frac{3230(2,97 - e)^2}{1 + 2e} (\bar{\sigma})^{0,50} \dots\dots\dots(6)$$

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

Dimana :

$\bar{\sigma}$ = tegangan *octahedral efektif* (kPa)

Untuk $\bar{\sigma}_1 \neq \bar{\sigma}_2 \neq \bar{\sigma}_3$ besarnya, $\bar{\sigma}_0 = \frac{1}{3}(\bar{\sigma}_v + 2\bar{\sigma}_v(1 - \sin \emptyset))$

$\bar{\sigma}_v$ = tegangan vertikal efektif (kPa) dan \emptyset sudut geser dalam tanah

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

c. Tanah Lempung

$$G_{max} = \frac{3230(2,97 - e)^2}{1 + e} (OCR)^K \bar{\sigma}^{(0,50)} \dots\dots\dots(7)$$

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

Dimana :

$\bar{\sigma}_0$ = tegangan efektif *octahedral* $= \frac{1}{3}(\bar{\sigma}_v + 2K_0 \bar{\sigma}_v)$

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 5 berikut :

Tabel 5. Hubungan antara Plastisitas Indeks dengan nilai K (Hardin dan Black, 1968)

Plastisitas Indeks	K
0	0
20	0,18
40	0,31
60	0,41
80	0,48
>100	0,5

Dimana :

G_{max} = Modulus geser maksimum (kN/m²)

$\bar{\sigma}_0$ = tegangan efektif *octahedral*

OCR = *Overconsolidated ration*

K = Suatu Konstanta

$\bar{\sigma}_v$ = tegangan vertikal efektif (kN/m²)

PI = Indeks plastisitas tanah

K_0 = Koefisien tekanan tanah dalam keadaan rest

Untuk mendapatkan nilai k yang merupakan fungsi indeks plastisitas tanah diatas dapat digunakan rumus interpolasi sesuai dengan nilai PI (nilai plastisitas indeks) dengan rumus sebagai berikut :

$$K = y_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} x (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(8)$$

K = Konstanta

y_1 = Selisih nilai suatu konstanta (K) (Batas atas – batas bawah)

y_2 = Selisih nilai suatu konstanta (K)

x = nilai indeks plastisitas tanah

x_1 = selisih nilai Plastisitas tanah Indeks (Batas atas – batas bawah)

x_2 = selisih nilai Plastisitas indeks (Batas bawah - batas atas)

2.10 Rambatan Getaran

Rambatan getaran adalah gelombang yang bergerak didalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi.

Sumber energi yang berasal dari beban dinamik seperti gempa bumi yang aktivitasnya manusia yang menghasilkan getaran tanah salah satu diantaranya ledakan bom. Getaran tanah terjadi pada daerah elastik (*elasticzone*). Di daerah ini tegangan yang diterima material lebih kecil dari kekuatan material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume.

Sesuai dengan sifat elastisitas material maka keadaan bentuk dan volume akan kembali seperti semula ketidada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastisitas akan menimbulkan gelombang getaran.

2.10.1 Faktor Yang Mempengaruhi Rambatan Getaran Tanah

Faktor yang mempengaruhi rambatan getaran tanah adalah sebagai berikut

1. Modulus Elastisitas Tanah

Besarnya modulus elastisitas tanah diperoleh dari pengujian *Triaxial* UU. Modulus elastisitas merupakan rasio antara tegangan dengan regangan. Semakin besar tekanan sel maka semakin dalam keadaan suatu tanah menunjukkan

kecenderungan tegangan (stress) semakin besar sehingga modulus elastisitas tanah tersebut akan semakin besar pula (Braja M. Das, *Soil Dynamic*).

2. Modulus geser tanah

Modulus geser tanah adalah rasio antara regangan dan tegangan geser

2.10.2 Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Modulus Geser Tanah

Faktor – faktor yang 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 (Braja M. Das, *Soil Dynamic*)

2. K = Koefisien

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. *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*).

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 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.

6. $\sigma_0 = \text{Effective Confining Presurre}$

Effective Confining Presurre diperoleh dari $\sigma_0 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$

Semakin dalam pengambilan 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, *Soild Dynamic*)

7. Sudut Geser dalam tanah (ϕ)

Sudut geser dalam tanah adalah sudut yang terbentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser didalam material tanah atau batuan. Jika suatu material dikenai tegangan atau gaya yang melebihi tegangan gesernya 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 tanah yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Besar Sudut Geser Dalam Tanah (Bowles JE, 1989)

Tingkat kepadatan	Sudut Geser Dalam (σ_0)
Sangat Lepas	< 35°
Lepas	30° – 35°
Agak Padat	35° – 40°
Padat	40° – 45°
Sangat Padat	> 45°

8. Efek Kejenuhan

Kondisi dimana tanah terendam air yang menyebabkan perubahan sifat – 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 cepat padat dan memiliki kontak yang lebih erat.

9. Bentuk Butiran

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

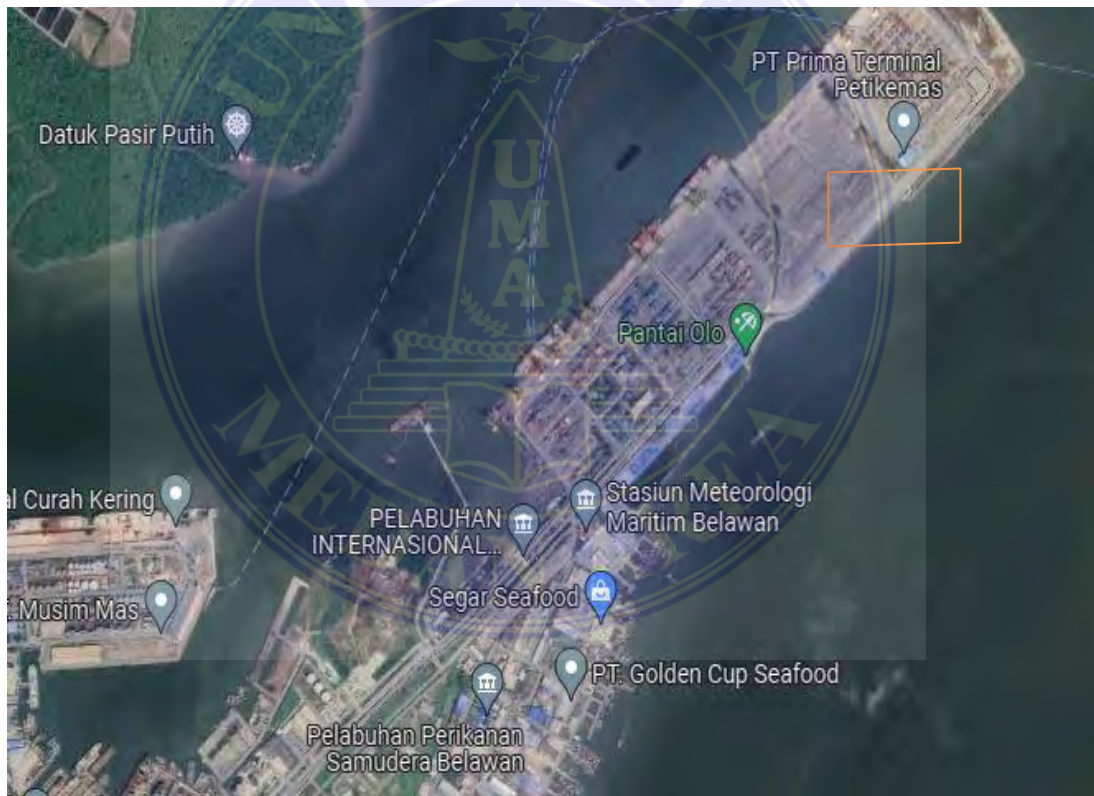
10. Tegangan Vertikal Efektif (σ_v)

Merupakan tegangan pada lapisan tanah yang diakibatkan oleh beban dari tanah yang berasal dari atas dengan memperhitungkan tegangan air.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Proyek Pembangunan Tower Martubung. Proyek tersebut terletak di Martubung, Kec. Medan Labuhan, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Gambar 4 dibawah ini. Proyek ini merupakan pembangunan tower diarea martubung.



Gambar 3. Lokasi Proyek (Google Maps, 2024)

3.2 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 (data tidak langsung)

3.2.1 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.

SPT (*Standart Penetration Test*) merupakan metode uji tanah *in – situ* yang dilaksanakan untuk mengetahui sifat rekayasa 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.

Site plane adalah konsep gambar atau peta dua dimensi yang memperlihatkan tampak atas suatu lokasi proyek yang direncanakan. Dalam sebuah proyek bangunan membutuhkan *site plane* sebelum melakukan proses pembangunan karena didalamnya terdapat informasi detail terkait rencana bangunan yang akan direalisasikan.

Tabel 7. Dari data N-SPT (Proyek Reklamasi Belawan, 2023)

Kedalaman (<i>Depth</i>)	h(m)	N-SPT	Deskripsi
0-2	2	0	Lempung berlanau
2-6	4	0	Lempung berpasir
6-12	6	0	Lempung berlanau
12-13	1	0	Lempung berlanau
13-14,5	1,5	0	Lempung berlanau
14,5-16	1,5	0	Pasir berlanau
16-18	2	2	Lempung berlanau
18-21	3	7	Lempung berlanau
21-25	4	31	Lempung berlanau
25-28	3	5	Pasir berlempung
28-30	2	13	Lempung berpasir
30-32	2	0	Lempung berpasir
32-41	9	32	Lempung berpasir
41-44	3	0	Lempung berlanau
44-46	2	4	Lempung berlanau
46-52	6	8	Lempung berlanau
52-58	6	44	Lanau berlempung
58-60	2	8	Lempung berlanau

3.2.2 Data Sekunder

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

3.3 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 :

- a. Menghitung tegangan tanah (γ)
- b. Menghitung tegangan vertikal efektif (σ_v)
- c. Menghitung indeks plastis tanah (PI)
- d. Menghitung koefisien tekanan tanah dalam keadaan *rest* (K_0)
- e. Menjumlahkan tegangan efektif octadreal (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})

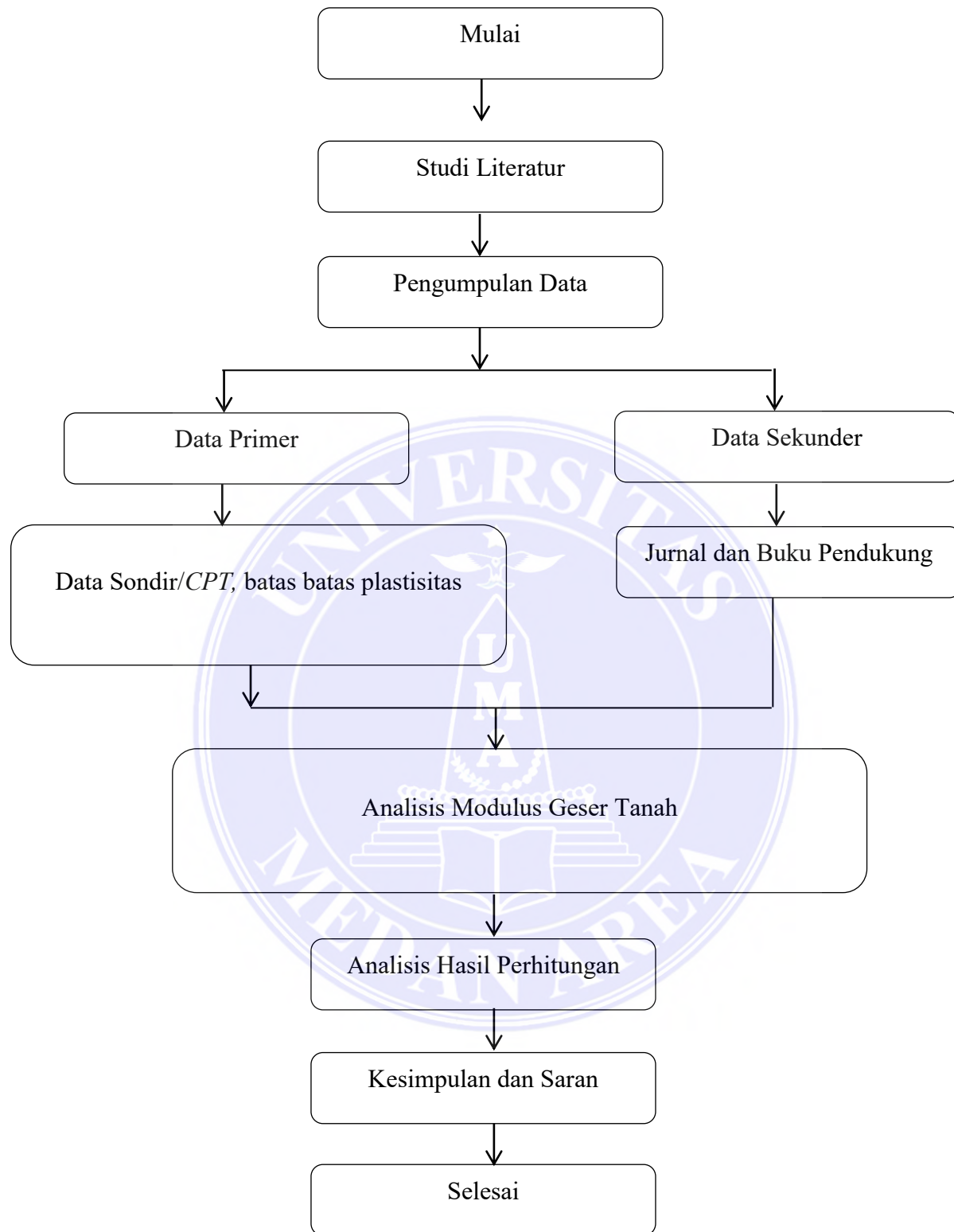
3.4 Tahapan Penelitian

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

- a. Tahapan pertama adalah review dan study kepustakaan, mencari jurnal – jurnal penelitian terdahulu dan buku yang berkaitan dengan penelitian analisis modulus geser tanah, pengaruh modulus 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 Sondir*.
- 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.

3.5 Diagram Alur Penelitian

Agar penelitian ini tersusun dan terstruktur dengan rapih maka penelitian membuat diagram bagan alur yang memudahkan dalam pengerjaan skripsi ini mulai dari mengidentifikasi masalah sampai akhir penyelesaian, untuk gambar bagan alur disajikan dalam gambar 5 berikut.



Gambar 4. Diagram Alur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan Pembahasan diatas, diperoleh kesimpulan :

Pada Data Proyek Reklamasi Belawan lapisan tanah terakhir pada kedalaman 60.00 m nilai modulus geser/ $G_{\max} = 183217067$, sedangkan pada lapisan tanah terakhir 60.00 m nilai Kosntantanya (K) = 0,14634 kN/m². Semakin Tinggi tegangan tanah vertikal efektif maka modulus geser tanah semakin besar dan semakin tinggi tegangan tanah *Octahedral*, maka modulus geser tanah semakin besar juga.

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

- Braja M. Das (1989). *“Prince of soil Dynamic”*. Pws-kent Publishing Company
United States Of America
- Darwis H., & Sc. M. (2018). *“Dasar – Dasar Mekanika Taanah”* 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 Consolidated clay, JSMFD, ASCE, Vol 94. SM, 2 March, PP. 667-692. United Stated of America
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2022). *“Teknik Pondasi 1”*. Yogyakarta : Betta offset.
- Melinda, Z., Murniwansyah, M., & Sungkar, M. (2020). Pengaruh Void Ration Terhadap Modulus Geser Dinamis dan Kecepatan Gelombang Geser. Menard (1965).” Media Komunikasi Teknik Sipil 16 (3), 279 – 290.
- Novianti, Rocy Tri, and Meliana Hardani M. Meliana Hardani M. Analisis Percepatan Konsolidasi Tanah Lunak dengan PVD, PHD Dan Geotextille Pada Proyek Pembagunan Jalan Tol Semarang – Demak STA 20+ 400. Diss. Univeristas Islam Sultan Agung, 2022.
- Okny Abdulrahman Saleh. P. (2005), *“Nilai Modulus Geser Tanah dari hasil uji laboratorium berdasarkan rumus Hardin & Black, Menard, Hardin & Richard serta Hardin & Drenevic”*.

Setiyo, Danipra, Suhendra Suhendra, and M. Nuklirullah. "Analisa Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Tiang Pancang pada Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi." *Jurnal Civronlit Unbari* 4.2 (2019): 80-92.

Tika Ermita Wulandari " Analisis Perunana tanah dengan Plaxis 2D dan 3D Terhadap Predikasi Penurunan Konsolidasi pada Proyek Reklamasi.

Yani, Disty Suci Anggi. "Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Perkantoran Menggunakan Data Spt Dan Sondir Dengan Metode Décourt-Quaresma 1982, Mayerhof 1956, Schmertmann 1975 Dan LCPC 1982." (2021).

YURIZA, Faioah Vebi. Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Pada Proyek Pembagunan Jembatan Gantung Kabupaten Toba Samosir Provinsi Sumatera Utara (Studi Kasus). Diss. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, 2022.


LAMPIRAN

BORING LOG

Description		Project :		Borehole no.:		Type of Machine		TDH DEG	
Drilling were carried out started 350 m below the highest water level of sea water		BELAVAN PIPT		BH-3R		Single			
Boring No. : BH - 3R		Location		DIA CORE		DIA CORE		73 mm	
Coordinate : X=66920880 Y=41953440		City/Region		MEDIAN		Total Depth		60 m	
Sealed Elevation : -1313		Province :		North Sumatera		Ground Water		Drilling Man	
Sheet - 1		DIA CLOSING		89 mm		Weight SPT		65.5 KG	
		High SPT		76 CM		Responsible by E.		Kurniawan	
Date									
13 Mei 2013									
Depth		Drilling method		Depth of Coverpipe		Core Recovery (%)		N-SPT	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
Ground Water									
Drilling Profil									
Silty clay fine sand, mixed with turf, Soft									
Fine sand Clayey, Light Grey, Soft									
Silty clay, Light Grey up to Greyish brown, Soft									
Silty clay, a little organic, Dark Grey, Very soft									
Silty clay Fine sand, Slightly white Grey, Soft									
Silty sand, Greyish, Very loose									
Silty clay a little red nos, Dark brown, Soft									
Silty clay, Light brown, Soft									
Silty clay, Light Grey up to Green, Elastic									
Clayey fine sand Light Grey, Loose									
Sandy clay, Dark brown, Elastic									

Description		Project :		Borehole no.:		Type of Machine		TDH DEG	
Drilling were carried out started 350 m below the highest water level of sea water		BELAVAN PIPT		BH-3R		Single			
Boring No. : BH - 3R		Location		DIA CORE		DIA CORE		73 mm	
Coordinate : X=66920880 Y=41953440		City/Region		MEDIAN		Total Depth		60 m	
Sealed Elevation : -1313		Province :		North Sumatera		Ground Water		Drilling Man	
Sheet - 2		DIA CLOSING		89 mm		Weight SPT		65.5 KG	
		High SPT		76 CM		Responsible by E.		Kurniawan	
Date									
14 Mei 2013									
Depth		Drilling method		Depth of Coverpipe		Core Recovery (%)		N-SPT	
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									
60									
Ground Water									
Drilling Profil									
Sandy Clay, Dark brown, Elastic									
Silty Clay, Dark Grey, Elastic									
Silty Clay, Slightly fine sand, Very Soft									
Silty Clay, Slightly Organic, Soft									
Silty Clay, Slightly fine sand, Light Grey, Soft									
Clayey silt, Dark Grey, Stipitation soft up to Elastic									
Silty clay, Sedimentation of wood organic, Soft up to rather soft									

BORING LOG

 DEPARTMENT OF TRANSPORTATION DEVELOPMENT OF BELAVAN PORT PROJECT - PHASE 1 UNDERSOUND DEVELOPMENT (BANK) (DB) PANGKALAN ASSINANCE INDONESIA		APPROVED BY PROJECT MANAGER GUS BRUHA NIP. 973993202121001	
KNOWLEDGE BY THE AUTHORIZED SUPERVISOR KEVAL HERANDI NIP. 197009 196001 1001		PROJECT MANAGER AND SUPERVISION CONSULTANT JOAN ENGAGE (PT) PT RAMONISATI - PT DENBISON - PT SEAL INDONESIA	
PROJECT: THE DEVELOPMENT OF BELAVAN PORT PROJECT - PHASE 1			
EXPERT NAME SIGNATURE Team leader E. Egi Salsiryo, MT Port Construction Eng T. Ika Muband, MT Drilling Eng T. Ray Suardo Reclamation Eng E. Riad Dwi Andipati Drawn by Denzel D.J			
NO. DATE REVISION NO. DATE REVISION APPROVAL			
SHEET TITLE SOIL INVESTIGATION BORE LOG BH-3R			
DD - B.M.V. SI - 004 N/S			