

**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* PADA
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG LIVING
PLAZA CEMARA ASRI MEDAN**

SKRIPSI

OLEH:

**LASARUS IRVAN SIREGAR
198110166**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/12/24

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

**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* PADA
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG LIVING
PLAZA CEMARA ASRI MEDAN**

SKRIPSI

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



Oleh:

**LASARUS IRVAN SIREGAR
198110166**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisa Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Proyek
Skripsi Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan
Nama : Lasarus Irvan Siregar
NPM : 198110166
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing



Ir.H. Irwan, M.T
Pembimbing



Dr. Erni Siregar, S.T., M.T
Dekan



Alfandari, S.T., M.T
Program Studi

Tanggal Lulus : 30 Agustus 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis adalah karya tulis sendiri yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana. Sesuai dengan standar, aturan, dan etika penulisan ilmiah, bagian-bagian tertentu dalam skripsi ini yang saya ambil dari karya orang lain telah dikutip secara eksplisit. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima saksi untuk mencabut gelar akademik saya dan saksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 30 Agustus 2024



Lasarus Irvan siregar
198110166



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

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

Nama : Lasarus Irvan Siregar
NPM : 198110166
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 : Analisa Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Proyek Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan. Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada Tanggal : 30 Agustus 2024
Yang menyatakan


(Lasarus Irvan Siregar)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Silali pada tanggal 23 September 1999 merupakan anak dari Ayah Manihar Siregar dan Ibu Soliner Banjarnahor. Penulis merupakan anak putra ke-4 (empat) dari 7 (tujuh) bersaudara. Tahun 2019 penulis lulus dari SMK Negeri 2 Medan dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik dengan jurusan Teknik Sipil di Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. Yodya Karya.



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 Analisa Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Proyek Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H. Irwan, M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T selaku Kepala Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman 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



(Lasarus Irvan Siregar)

ABSTRAK

Analisa Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Proyek Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan merupakan pembangunan konstruksi sangat perlu diperhatikan pondasi struktur atas dan struktur bawah dengan karakteristik tanah yang lunak dan berpasir. Masalah yang ingin diteliti adalah menghitung daya dukung tiang *bore pile* gedung berdasarkan efisiensi metode *Converse-Labarre* dan kapasitas kelompok tiang dan kestabilan kap mesin. Dengan bertujuan untuk mengetahui hasil efisiensi dan kapasitas daya dukung pondasi tunggal dan group kelompok tiang *bore pile* pada bangunan. Metode yang digunakan adalah *Meyerhoff* dengan data SPT. Penelitian ini menghasilkan data daya dukung pondasi tunggal adalah 183,095 Ton (Q_i), daya dukung pondasi kelompoknya 582,242 Ton (Q_g) dan Effisiensi pondasinya 0.795. Jadi Q_g (582,242 Ton) > P_u (551,187 Ton) dengan beban gaya harus lebih dominan daripada gaya yang terjadi.

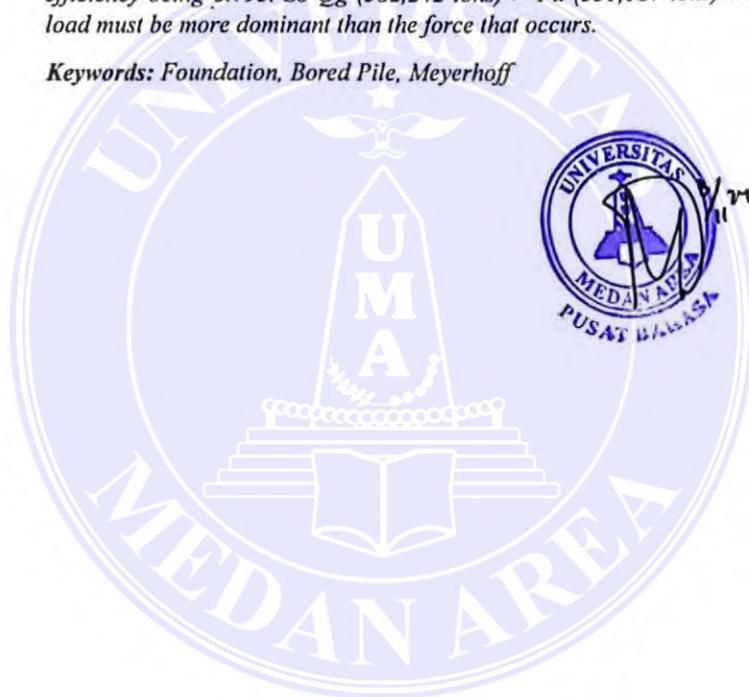
Kata Kunci : Pondasi, *Bored Pile*, *Meyerhoff*



ABSTRACT

Analysis of the Carrying Capacity of Bored Pile Foundations in the Construction of the Living Plaza Cemara Asri Building Project in Medan. This construction needs to pay attention to the foundation of the upper structure and lower structure with the characteristics of soft and sandy soil. The problem to be studied is calculating the bearing capacity of a building's bore pile piles based on the Converse-Labarre method's efficiency the pile group's capacity and the hood's stability. The aim was to know the efficiency and carrying capacity of single foundations and groups of bore piles in buildings. The method used was Meyerhoff with SPT and CPT data or sondir. This research produced data on the bearing capacity of a single foundation being 183,095 tonnes (Q_i), the bearing capacity of a group foundation being 582,242 tonnes (Q_g), and the foundation efficiency being 0.795. So Q_g (582,242 tons) > P_u (551,187 tons) with the force load must be more dominant than the force that occurs.

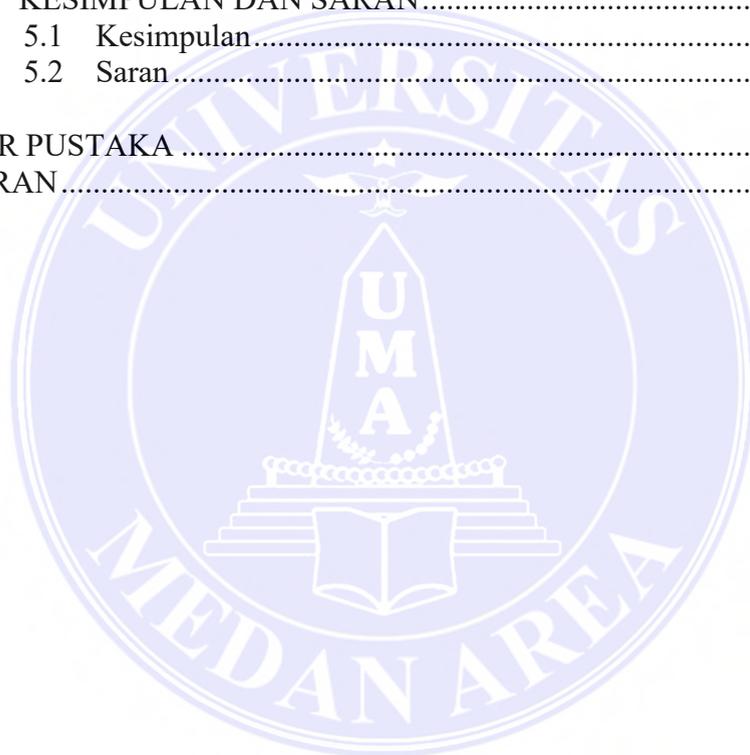
Keywords: Foundation, Bored Pile, Meyerhoff



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Pengertian Tanah.....	7
2.2.1 Karakteristik Tanah.....	9
2.2.2 Metode Penyelidikan Tanah.....	10
2.3 Pengertian Pondasi.....	10
2.3.1 Pondasi <i>Bore Pile</i>	15
2.4 Daya Dukung Pondasi <i>Bore Pile</i> Hasil Lapangan.....	19
2.4.1 <i>Standar Penetration Test</i>	19
2.4.2 <i>Cone Penetration Test</i>	25
2.5 Efisiensi Kelompok Tiang.....	32
2.6 Pembebanan Gedung.....	35
2.6.1 Beban Statis.....	36
2.6.2 Beban Dinamik.....	37
2.7 Gaya Yang Dibutuhkan Untuk Kontraksi <i>Pile Cap</i>	43
2.8 Beban <i>Pile Cap (Poer)</i>	45
2.8.1 Perhitungan Rencana Tulangan Diatas Pondasi Tiang.....	46
2.9 Perhitungan Daya Dukung Pondasi.....	47
2.9.1 Metode <i>Meyerhoff</i>	47
2.10 Penurunan Kelompok Tiang.....	52
2.10.1 Jarak Tiang(s).....	52
BAB III METODE PENELITIAN.....	54
3.1 Data Umum Proyek.....	54

3.2	Data Teknis Proyek.....	54
3.3	Lokasi Proyek.....	54
3.4	Tahapan Penelitian.....	55
3.5	Perhitungan Perencanaan <i>Pile Cap (Poer)</i>	57
3.6	Metode Penelitian.....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Daya Dukung Tanah.....	59
4.2	Menghitung Kapasitas Daya Dukung Pondasi.....	59
4.3	Perhitungan Pondasi.....	59
	4.3.1 Perhitungan Daya Dukung Pondasi.....	60
	4.3.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang.....	63
4.4	Pembahasan.....	65
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....		xiv
LAMPIRAN.....		xvi



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1	Pondasi <i>borepile</i> (Sumber, 2024) 17
Gambar 2	Uji SPT Berdasarkan Skema Urutan..... 20
Gambar 3	Tahanan Ujung Tiang Cara <i>Meyerhoff</i> 28
Gambar 4	Tekanan Ujung data CPT (Heijnen, 1974) 30
Gambar 5	Baris Kelompok Tiang..... 34
Gambar 6	Susunan kelompok Tiang Dalam Plat Penutup Tiang 42
Gambar 7	Kriteria Perancangan Plat Penutup Tiang (<i>Pile Cap</i>)..... 43
Gambar 8	Effisiensi Kelompok Tiang (Sumber: Rahardjo, 2000)..... 49
Gambar 9	Lokasi Proyek Living Plaza Medan..... 54
Gambar 10	Bagan Alir Penelitian 58



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1	Batas Ukuran Golongan Tanah (Sumber: Da, 1995) 8
Tabel 2	Data SPT Berlandaskan Jenis Tanah 21
Tabel 3	Hubungan D_r , ϕ , dan N dari Pasir 22
Tabel 4	<i>Sampler, Bore Hole And Rod Correction Factors</i> 23
Tabel 5	Nilai ω 30
Tabel 6	Nilai K_c dari Metode LCPC 32
Tabel 7	Klasifikasi Situs 39
Tabel 8	Besar Beban Kontruksi Berdasarkan Material 50
Tabel 9	Beban Hidup Pada Lantai Bangunan 51
Tabel 10	Tabel Daya Dukung Pondasi 66



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perencanaan suatu pembangunan konstruksi sangat perlu diperhatikan struktur atas dan struktur bawah dengan karakteristik tanah yang lunak dan berpasir. Karena bangunan sangatlah penting dalam kehidupan berfungsi dalam memwadhahi aktifitas manusia dengan segala komponen lainnya. Semakin Oleh sebab itu sangat perlu diperhatikan konstruksi bangunan, terlebih dalam hal pondasi.

Pondasi adalah jenis bagian struktur yang menopang struktur di bagian atas dengan cara menempel pada bagian bawah tanah. Tujuan dari pondasi adalah untuk mendistribusikan ketegangan secara vertikal dan horizontal di atas tanah secara bertahap dan merata. Pondasi biasanya dibagi menjadi dangkal dan dalam. Dimana pondasi dalam dipergunakan apabila batuan tanah keras yang keberadaannya didalam pondasi. Secara garis besar, ragam pondasi terbagi dari dua jenis yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi bor (*bored pile*). Dan pada perencanaan pembangunan proyek di Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan akan menggunakan daya dukung pondasi *bored pile*.

Pondasi *bored pile* merupakan salah satu pondasi yang dirancang dimana cara langkah awalnya adalah mengebor tanah, baru diisi dengan tulangan kemudian dicor. Daya dukung pondasi *bored pile* didapat dari daya dukung ujung yang dihasilkan dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser didapatkan dari daya dukung gesek atau adhesi pada *bored pile* dan tanah sekelilingnya. *Bored pile* berhubungan langsung dengan tanah demi mendapatkan hasil daya dukung yang dapat memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk itu perlu

melakukan penyelidikan tanah yang tepat. Terdapat dua *method* yang bisa dipergunakan untuk menentukan kapasitas daya dukung *bored pile*, metode statis dan dinamis. Dalam penelitian ini akan digunakan metode statis dengan *Standart Penetration Test* (SPT) yang bertujuan untuk memberikan representasi permukaan berdasarkan jenis dan warna batuan, dengan menggunakan observasi visual, sifat fisik dan karakteristik berdasarkan data SPT dan penyelidikan sondir bertujuan mengetahui perlawanan penetrasi konus hambatan lekat tanah yang merupakan indikator kekuatan daya dukung lapisan tanah.

Berdasarkan keadaan ini, untuk memastikan hasil yang diharapkan dalam proyek perencanaan pondasi Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan perlu dilakukan analisis terhadap daya dukung pondasi *bored pile*. Karena itu, penulis merasa tertarik untuk memberikan judul "Analisa Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Proyek Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan".

1.2 Rumusan Masalah

Singkatnya, skripsi ini mencakup topik-topik berikut:

1. Untuk memperoleh kapasitas daya dukung pondasi, maka dilakukan perhitungan menggunakan metode mayerhoff dan dengan data hasil uji *standard penetrasi test* (SPT)
2. Untuk memperoleh hasil perhitungan efisiensi daya dukung pondasi tiang tiang kelompok, dilakukan perhitungan menggunakan metode *Converse Labarre*

1.3 Batasan Masalah

Fokus permasalahan pada tugas akhir memiliki batasan, yakni:

1. Menggunakan data SPT untuk menentukan kapasitas dukung *borepile*
2. Menggunakan teknik *Mayerhoff* untuk menentukan daya dukung tiang bor.
3. Metode *Converse-labarre* digunakan untuk menghitung rangkaian tiang.

1.4 Tujuan Penelitian

Penulis hanya membahas topik-topik tertentu dengan alasan berikut:

1. Mengetahui daya dukung pondasi tunggal dan *group* kelompok tiang *borepile*.
2. Memperoleh daya dukung tanah mengikuti data SPT
3. Menemukan hasil efisiensi pondasi grup *borepile* pada bangunan Living Plaza Cemara Asri Medan
4. Mendapatkan besar beban yang ditanggung pondasi
5. Memperoleh hasil kapasitas kelompok tiang

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini :

a. Bagi Akademik

Sebagai referensi dalam melakukan penelitian lanjutan mengenai daya dukung pondasi *bore pile*

b. Bagi Individu

1. Memahami analisis daya dukung pondasi *bore pile* pada gedung,
2. Memahami analisis daya dukung pondasi *bore pile* terhadap struktur pada pondasi *bore pile* menggunakan metode *mayerhoff*

3. Memahami analisis efisiensi daya dukung pondasi *borepile* kelompok terhadap struktur menggunakan metode *Conversi-Labarre*
- c. Bagi Perencana
Sebagai pertimbangan analisis perhitungan daya dukung pondasi tiang *bore pile* pada bangunan gedung bertingkat.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada saat melakukan penelitian, salah satu sumber penulis adalah hasil penelitian terdahulu untuk mendukung teori yang digunakan untuk mengkaji penelitian yang sedang dilakukan. Karena penelitian terdahulu sangat penting bagi penelitian yang sedang dilakukan, penelitian semacam ini telah dilakukan. Penelitian ini didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu. Perencanaan pondasi yang telah dilakukan pihak perencana hanya menggunakan hasil pembacaan nilai SPT dan tidak memperhitungkan nilai kohesinya. Berdasarkan kondisi tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung pondasi berdasarkan parameter tanah menggunakan metode yang berbeda, dengan memperhitungkan nilai kohesi.

1. “Analisis Daya Dukung Pondasi Terhadap Penambahan Lantai Dengan Struktur Atap Plat Beton Gedung Rumah Sakit Unimus”, ditemukan bahwa daya dukung pondasi tunggal dan kelompok dengan perhitungan mayerhoff dengan daya dukung pondasi sebesar 906,189 ton mampu menampung beban maksimum bangunan atas sebesar 647,637 ton setelah didapatkan penambahan satu lantai dan perubahan struktur atap baja menjadi atap pelat beton dengan memanfaatkan atap sebagai area terbuka dan pegasus antar bangunan (Sutarso A & Jalil A, 2023)
2. “Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Dievaluasi Dengan Kalendering dan PDA”, ditemukan bahwa hasil daya dukung tiang tunggal menggunakan data N-SPT baik dan kritis maupun yang tersebsar lebih kecil dari hasil

pengujian dinamis (kalendering dan PDA) dan dikatakan aman karena hasil aktualnya lebih besar daripada prediksi dan daya dukungnya lebih besar dibandingkan beban kerja (Fadilla Nur R., dkk, 2022)

3. “Peningkatan Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Lempung Dengan Perkuatan Kolom Tanah”, ditemukan bahwa daya dukung pondasi dangkal pada tanah lempung tanpa perkuatan kolom memiliki nilai sebesar 10,53 kPa dan mengalami peningkatan cukup signifikan setelah diberi perkuatan kolom campuran 6% sekam padi (RHA) menunjukkan peningkatan yang signifikan (Dewi R, dkk, 2020).
4. “Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Data *Standard Penetration Test* (SPT) Dan *Cone Penetration Test* (CPT) Studi Kasus : *East Cross Taxiway* Bandara Internasional Soekarno-Hatta”, ditemukan bahwa hasil daya dukung pondasi tiang berdasarkan metode Mayerhoff berdasarkan data SPT didapat daya dukung rata-rata sebesar 1310,38 kN dan *safety factor* rata-rata sebesar 2,6. Sedangkan hasil analisis CPT didapat daya dukung rata-rata 2009,60 kN dan *safety factor* rata-rata sebesar 4,0 (Mina Enden, dkk., 2019).
5. “Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Tiang Tunggal Pada Proyek Rumah Sakit Internasional Surabaya”, ditemukan bahwa hasil analisis metode CPT memperoleh daya dukung sebesar 676,30 kN, Metode Paulos dan Davis untuk tiang tunggal daya dukung sebesar 831.00 kN menyimpulkan bahwa pondasi bored pile iang tunggal layak digunakan karena dapat memikul beban yang diberikan sebesar 538.30 Kn (Wora Mikael, 2019).

2.2 Pengertian Tanah

Perspektif ilmu teknik sipil, tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, serta berbagai endapan terletak di atas batu dasar yang relatif lepas diaman antara partikel dapat berisikan air, udara, atau zat lain. Mungkin ada karbonat, zat organik, maupun oksida yang mengendap pada diantara partikel partikel. (Hardiyanto, 1992). Tanah merupakan kumpulan partikel padat yang tidak terhubung satu sama lain (termasuk bahan organik) dengan rongga udara dan air di antara partikel (Verhoef, 1994). Dalam arti lain, tanah digunakan sebagai pondasi pendukung untuk bangunan, atau bahan konstruksi bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang sebagai kekuatan gaya eksternal pada struktur, seperti dinding atau dinding penahan tanah (Sosrodarsono & Nakazawa, 2000). Namun, menurut Bowles (1984), tanah ialah campuran partikel yang terdiri dari salah satu ataupun semua jenis berikut:

- (1) *Boulder*, berukuran $> 250\text{mm} - 300\text{mm}$, untuk kerakal berukuran $150\text{mm} - 250\text{mm}$,
- (2) *Gravel*, ukurannya $5\text{mm} - 150\text{mm}$,
- (3) *Sand*, partikelnya $0,074\text{mm} - 5\text{mm}$,
- (4) *Silt*, partikel berukuran dari $0,002\text{mm} - 0,0074\text{mm}$ dan
- (5) *Clay*, partikel mineral ukuran $< 0,002\text{mm}$, sedangkan *Colloids*), ukurannya $< 0,001\text{mm}$.

Maka dari itu untuk menentukan kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi, perancangan pondasi harus mempertimbangkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan.

Tanah berbutir halus berupa tanah lempung (*clay* dilambangkan dengan C) dengan ukuran butiran $< 0,002\text{ mm}$ dan lanau (*silt* dilambangkan M) berdiameter

sekitar 0,06-0,002 mm, sedangkan untuk tanah berbutir kasar perbedaan yang lebih rinci dibuat menurut ukuran partikel. Pasir (*sand* dilambangkan S) apabila diameter butiran berkisar 2-0,6 mm adalah pasir kasar, diameter antara 0,6-0,2 mm adalah pasir sedang, dan pasir halus jika diameter berkisar 0,2-0,06 mm. Kerikil (*gravel* dilambangkan G) yang berdiameter >2 mm (Das,1995).

Tabel 1. Batas Ukuran Golongan Tanah (Das, 1995)

Nama Golongan	Kerikil	Ukuran Butiran (mm)		
		Pasir	Lanau	Lempung
(MIT) Massachusetts Institute of Technology	> 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	> 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 – 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corp of Engineers and U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075	Halus (Yalk,,kl,m itu lanau dan lempung < 0,0075)	

2.2.1 Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah turut menentukan tata air dalam tanah, berupa kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan mengikat air oleh tanah. Tekstur tanah berperan terhadap kemampuan tanah dalam menahan dan meresapkan air. Tekstur tanah yang sesuai untuk pertanaman padi sawah adalah tekstur yang halus dengan porositas yang rendah (Supriyadi et al., 2009).

Selain itu, tanah juga memiliki parameter dimana berperan sebagai acuan atau indikator untuk mengetahui proses perubahan yang terjadi pada tanah akibat sifat fisik dan jenis tanah. Berikut adalah parameter tanah:

a. Modulus Elastisitas Tanah

Modulus elastisitas tanah didefinisikan sebagai tegangan, $\Delta\sigma$ sebagai penambahan setiap regangan, $\Delta\varepsilon$ untuk selama awal pembebanan. Modulus elastisitas tanah diartikan sebagai nilai propertis tanah yang sering digunakan untuk mengestimasi penurunan. Nilai modulus tanah yaitu 1/10 hingga 1/100 dari nilai modulus baja.

b. *Poisson's Ratio*

Poisson's ratio merupakan komparasi dari laju perubahan regangan pada arah aksial dengan laju pertambahan regangan pada arah lateral.

c. Modulus Geser (G')

Modulus geser merupakan suatu analogi antara peralihan tegangan geser (τ) dengan peningkatan perpindahan sudut (θ) dalam unsur tanah. Modulus geser juga dapat di perhitungankan dengan melalui persamaan matematika yang dimana hasilnya diperoleh dari analisis regangan-tegangan pada elemen tanah.

d. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Sudut geser dalam yaitu sudut yang terwujud dari sumbu horizontal (tegangan normal) dengan garis tepi keruntuhan (*failure envelope*) (Hakam, 2008).

e. Kohesi

Kohesi (*cohesi*) diartikan sebagai gaya tarik menarik antar partikel pada tanah yang dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi dapat digunakan untuk menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang ada pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Besar nilai kohesi dipengaruhi oleh densitas dan jarak antar molekul pada benda. Kohesi memiliki perbandingan yang lurus dengan densitas suatu benda, maka kohesi dengan densitas tinggi juga memperoleh nilai kohesi yang tinggi. Nilai kohesi (*c*) didapatkan dari data sondir, dirumuskan sebagai berikut:

$$c = q_u / 20 \text{ kg/cm}^2 \quad 2.4$$

2.2.2 Metode Penyelidikan Tanah

Metode penyelidikan tanah dilakukan dengan fungsi agar mengetahui letak atau kedalaman tanah keras dan mengetahui sifat-sifat dasar tanah seperti asal-usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban dan sebagainya (Das, 1995). Adapun soil investigation yang biasa dilakukan adalah:

- a. *Drilling*, hasil pemboran yang dilakukan dengan (SPT).
- b. Penetration Test dengan menggunakan alat yang disebut CPT ataupun sondir. Ujung konus secara otomatis ditekan masuk kedalam agar terbaca tegangan tanah.

2.3 Pengertian Pondasi

Pondasi merupakan pondasi tanah keras yang diteruskan dari beban bangunan batuan yang terletak jauh dari permukaan (Jusi, 2015) dan merupakan bagian struktur dasar bangunan yang meneruskan beban tanpa menyebabkan kerubuhan pergeseran tanah (Sarifah Julfria, dkk, 2023). Adapun fungsi pondasi adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan.
- b. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat.
- c. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan stabil/tetap (Setiawan, 2001).

Secara umum, pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Namun demikian fungsi pondasi tiang lebih dari itu dan penerapannya untuk masalah-masalah lain cukup banyak, diantaranya:

1. Memikul beban-beban dari struktur atas.
2. Menahan gaya angkat pada pondasi ataupun dok di bawah muka air.
3. Memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran. Tiang ini kemudian ditarik lagi.
4. Mengurangi penurunan.
5. Memperkakukan tanah di bawah pondasi mesin, mengurangi amplitude getraran dan frekuensi alamiah dari sistem
6. Memberikan tambahan faktor keamanan, khususnya pada

kaki jembatan yang dikhawatirkan mengalami erosi.

7. Menahan longsoran atau sebagai soldier piles (Rahardjo, 2000).

Adapun dari jenis-jenis pondasi sebagai berikut ini.

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal merupakan sistem pondasi sedemikian rupa sehingga beban masih dapat ditahan dari lapisan tanah sehingga kedalaman tidak melebihi dari lebar pondasi atau \leq . Jenis-jenis pondasi yang termasuk dari jenis pondasi dangkal diantaranya sebagai berikut ini.

- a. Pondasi Telapak

Pondasi telapak yaitu pondasi yang menopang bangunan langsung di atas tanah pondasi, jika terdapat lapisan tanah yang tebal dan berkualitas sehingga dapat menopang konstruksi bangunan pada bidang tanah (Hardihardaja. dkk, 1997).

- b. Pondasi Memanjang (*continuous footing*)

Pondasi memanjang biasa disebut pondasi batu kali berfungsi menyangga kolom dengan jarak dekat, bisa juga untuk menyangga dinding. Biasanya berupa batu kali, pasangan batu bata, atau beton tak bertulang (Canonica, 2013).

- c. Pondasi Rakit (*raft foundation or mat foundation*)

Pondasi rakit adalah pondasi yang digunakan untuk menopang konstruksi bangunan yang terdapat pada tanah lunak atau dimana jika tata letak kolom jaraknya ke segala arah jadi sisinya saling berhimpitan (Hardiyatmo, 1996).

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi dimana bebannya sudah tidak sanggup untuk didukung oleh lapisan atas atau tanah. Hal ini disebabkan karena kondisi tanah atau daya dukung dari tanah tersebut sudah tidak mampu dan juga beban kolom yang demikian besar. Pondasi dalam umumnya terletak pada kedalaman ≥ 3 m.

Adapun jenis-jenis pondasi yang termasuk kedalam katagori pondasi dalam diantaranya pondasi sumuran, pondasi bor (*borepile*) dan pondasi tiang pancang yang akan dijelaskan sebagai berikut ini.

a. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran merupakan pondasi yang memiliki bentuk peralihan diantara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0,8 hingga 1,00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya.

b. Pondasi tiang bor (*bor pile*)

Pondasi bor (*borepile*) merupakan bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah, pondasi ditempatkan di kedalaman yang telah sesuai dari perencanaan dengan cara membuat lobang yang telah di bor. Besar diameter dan kedalaman serta penulangan beton bertulang didesar berdasarkan daya dukung dari tanah tersebut dan beban yang akan dipikul. Fungsional pondasi ini hampir sama dengan pondasi pile yang mana juga

ditujukan untuk menahan beban struktur melawan gaya angkat dan juga membantu struktur dalam melawan kekuatan gaya lateral dan gaya guling.

c. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang pada dasarnya sama dengan pondasi bor, hanya saja yang membedakan dari jenis ini adalah pada bahan dasarnya saja. Tiang pancang menggunakan beton jadi yang langsung ditancapkan langsung kedalam tanah dengan menggunakan mesin pemancang. Dikarenakan bentuk pondasi tiang yang memiliki ujung runcung, maka tidak memerlukan pengeboran pada proses awalnya.

Untuk menentukan jenis pondasi mana yang akan kita pakai, kita harus mengetahui syarat-syarat berikut ini.

1. Kedalaman harus memadai guna untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi khususnya untuk pondasi telapak dan pondasi rakit.
2. Kedalaman harus berada dibawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan tanaman.
3. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat didalam tanah.
5. Sistem harus mampu beradaptasi terhadap beberapa perubahan geometri konstruksi atau lapangan selama proses pelaksanaan perlu

dilakukan.

6. Metode pemasangan harus seekonomis mungkin.
7. Pergerakan tanah keseluruhan dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir dan elemen pondasi dan elemen bangunan atas.
8. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan

2.3.1 Pondasi *Bore Pile*

Pondasi tiang bor (*bore pile*) suatu jenis pondasi yang berbentuk tabung serta pemasangan dibuat melalui pengeboran tanah terdahulu hingga kedalaman sudah ditentukan, dan dimasukkan besi tulangan baru untuk pengecoran beton.

Adapun keuntungan dan kerugian dari pondasi *bore pile*, yaitu:

Keuntungan:

- (1) sangat cocok dalam pembangunan area padat pemukiman karena tidak menimbulkan getaran,
- (2) Diameter tiang dibuat lebih besar uga kedalamannya mampu divariasi, dan
- (3) dalam kenaikan muka tanah tidak menimbulkan risiko.
- (4) Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan *dowel* pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung di letakkan di puncak tiang bor.
- (5) Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
- (6) Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
- (7) Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.

(8) Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Kerugian:

(1) Pengecoran beton dipengaruhi air sehingga mutu beton sedikit sulit dan menjadi berkurang,

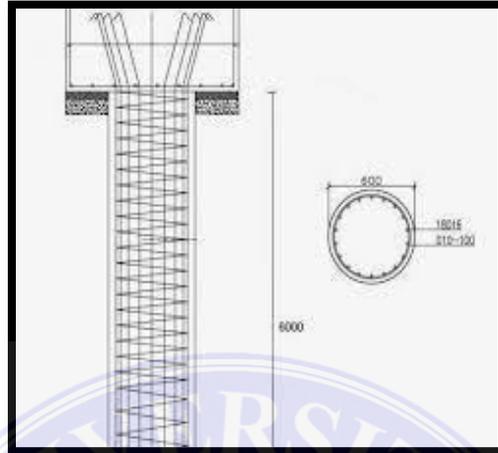
(2) Untuk mendapatkan hasil yang maksimal butuh pengawasan khusus selama pengecoran, serta

(3) Pengeluaran biaya lebih mahal dikarenakan diameter pengeboran melebihi perkiraan.

Pondasi *bore pile* mempunyai karakteristik khusus dikarenakan cara pelaksanaannya yang bisa menyebabkan perbedaan perilakunya di bawah pembebanan dibandingkan dengan tiang pancang. Hal-hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut antara lain:

- a. Tiang bor dilaksanakan dengan menggali lubang bor dan mengisinya dengan material beton, sedangkan tiang pancang dimasukan ke tanah dengan mendesak tanah disekitarnya (*displacement pile*).
- b. Beton harus dicor dalam keadaan basah dan mengalami masa curing di bawah tanah.
- c. Kadang-kadang didalam pondasi bore (*borepile*) digunakan juga casing untuk kestabilan dinding lubang bor dan dapat pula casing tersebut tidak dicabut karena kesulitan lapangan.
- d. Kadang-kadang pondasi *borepile* digunakan *slurry* untuk kestabilan lubang bor yang dapat membentuk lapisan lumpur pada dinding galian yang mempengaruhi mekanisme gesekan tiang dengan tanah.

- e. Cara penggalian lubang bor akan disesuaikan dengan kondisi tanah (Rahardjo 2000).



Gambar 1. Pondasi *Bore Pile*

Adapun pengaruh didalam pemasangan pondasi *bore pile* adalah sebagai berikut:

1. Tiang Bor dalam Tanah Granuler

Pada waktu pengeboran, biasanya dibutuhkan tabung luar (*casing*) sebagai pelindung terhadap longsoran dinding galian dan larutan tertentu kadang-kadang juga digunakan dengan maksud yang sama untuk melindungi dinding lubang tersebut. Gangguan kepadatan tanah, terjadi saat tabung pelindung ditarik ke atas saat pengecoran. Karena itu, dalam hitungan kapasitas dukung tiang bor di dalam tanah pasir, Tomlinson (1977) menyarankan untuk menggunakan sudut gesek dalam ultimit dari contoh terganggu, kecuali jika tiang diletakkan pada kerikil padat dimana dinding lubang yang bergelombang tidak terjadi. Jika pemadatan yang baik dapat dilakukan pada saat pengecoran beton yang berada di dasar tiang, maka gangguan kepadatan tanah dapat dieleminasi sehingga sudut gesek dalam (ϕ) pada kondisi padat dapat digunakan. Akan tetapi, pemadatan tersebut mungkin sulit dikerjakan

karena terhalang oleh tulangan beton.

2. Tiang Bor dalam Tanah Kohesif

Penelitian pada pengaruh pekerjaan pemasangan tiang bor pada adhesi antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya, menunjukkan bahwa nilai adhesi lebih kecil dari pada nilai kohesi tak terdrainase (*undrained cohesion*) tanah sebelum pemasangan tiang. Hal ini adalah akibat dari pelunakan lempung di sekitar dinding lubang bor. Pelunakan tersebut adalah pengaruh dari bertambahnya kadar air lempung oleh pengaruh-pengaruh: air pada pengecoran beton, pengaliran air tanah ke zona yang bertekanan lebih rendah di sekitar lubang bor, dan air yang dipakai untuk pelaksanaan pembuatan lubang bor. Pelunakan pada lempung dapat dikurangi, jika pengeboran dan pengecoran dilaksanakan dalam waktu 1 atau 2 jam. Pelaksanaan pengeboran juga mempengaruhi kondisi dasar lubang yang dibuat. Pengeboran mengakibatkan pelunakan dan gangguan tanah lempung di dasar lubang, yang berakibat menambah besarnya penurunan. Pengaruh gangguan ini sangat besar, terutama bila diameter ujung tiang diperbesar. Pada ujung tiang yang diperbesar ini kapasitas dukungnya sebagian besar bergantung pada tahanan ujung tiang. Oleh karena itu, pentingnya dalam pengeboran pondasi untuk membersihkan dasar lubang. Gangguan yang lain dapat pula terjadi akibat pemasangan tiang yang tidak baik, seperti: pengeboran yang melengkung, pemisahan campuran beton saat pengecoran dan pelengkungan tulangan beton saat pemasangan (Hardiyatmo, 2015).

2.4 Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Hasil Lapangan

Adapun dua jenis daya dukung pondasi *bored pile*, yaitu *Core Penetration Test* (CPT) atau Sondir dan *Standart Penetration Test* (SPT).

2.4.1 *Standart Penetration Test*

Standar Penetration Test (SPT) adalah suatu percobaan dinamis yang berasal dari Amerika Serikat. Percobaan dinamis yaitu suatu pengujian yang ujungnya (dapat berupa konus) dimasukkan kedalam tanah dengan menjatuhkan beban dengan tinggi jatuh tertentu, dan jumlah pukulan yang diperlukan untuk mendorong ujung tersebut menembus jarak tertentu. SPT ini merupakan suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui kekuatan tanah maupun pengambilan contoh tanah terganggu. Joseph E. Bowles mengungkapkan *Standart Penetration Test* (SPT) adalah pengujian penembusan tanah yang paling ekonomis dan populer untuk mendapatkan informasi di bawah permukaan tanah. Pertama kali digunakan pada tahun 1927, setelah itu alat ini rutin digunakan dilapangan. Pengujian SPT ini dilakukan dengan cukup sederhana dan mudah sehingga tidak memerlukan keterampilan khusus dalam pengoperasiannya. Gambar 1. menunjukkan alat percobaan dan istilah yang digunakan. Alat dan cara kerja percobaan ini diperlihatkan pada gambar 2. Dalam percobaan SPT ini terdapat beberapa istilah diantaranya:

a. Jumlah Pukulan

adalah banyaknya pukulan palu setinggi 76 cm pada setiap penetrasi 5 cm

b. Konus

adalah ujung alat penetrasi yang berbentuk kerucut (terbuka dan tertutup)

untuk menahan perlawanan tanah.

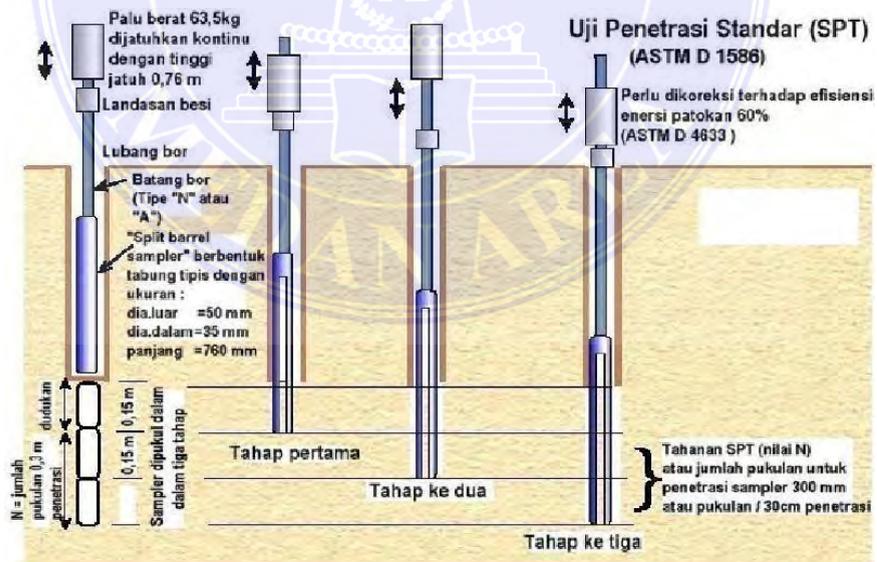
c. Palu

Besi atau baja masif berbentuk silinder dan ditengahnya berlubang lebih besar sedikit dari diameter pipa bor.

d. Split Barrel Sampler

adalah alat yang berupa tabung dibelah dua dan kedua ujungnya dipegang dengan mur dan dipasang pada ujung pipa bor pada waktu pelaksanaan pengujian SPT.

Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal kadalam tanah yang bernama “split barrel sampler,” disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan split barrel sampler sedalam 300 mm vertikal. Jumlah pukulan ini disebut dengan nilai N. Dalam sistem jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5kg, pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap yaitu berturut-turut setebal 150mm untuk masing-masing tahap.



Gambar 2. Uji SPT Berdasarkan Skema Urutan

Langkah awal diindikasikan pada posisi N_1 , dimana evaluasinya tidak diperhitungkan sebab tekstur masih basah/setelah operasi bossing. Adapun besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengintegrasikan fasa berikutnya, N_2 , atau

resistor SPT, bisa juga $N-SPT = N_2+N_3$ (ditunjukkan dalam daya/0,3m). Lalu penilaian indeks N dikaitkan pada karakteristik batuan yang diteliti. Jenis tanah ditentukan berdasarkan Kadar N rata-rata seperti dibawah:

Tabel 2. Data SPT Berlandaskan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Kecepatan Rambat	Nilai Hasil Test	
	Gelombang Geser Rata-Rata, V_s (M/Det)	Penetrasi Standart Rata-Rata (N)	Kuat Geser Niralir Rata-Rata S_u (Kpa)
Tanah Keras	$V_s \geq 350$	$N \geq 50$	$S_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq V_s \leq 350$	$15 \leq N \leq 50$	$50 \leq S_u \leq 100$
	$V_s \leq 175$	$N \leq 15$	$S_u \leq 50$
Tanah Lunak	Atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3m dengan $PI > 20, W_n > 40\%$ dan $S_u < 25$ Kpa		
Tanah Khusus	Diperlukan Evaluasi Khusus disetiap lokasi		

Pada percobaan ini, kepadatan relatif dan sudut geser tanah (ϕ) dapat dihitung berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Tabel berikut menunjukkan hubungan antara kepadatan relatif, sudut geser tanah, dan nilai N pasir.

Tabel 3. Hubungan Dr, φ dan N dari pasir

Nilai N	Kepadatan Relatif (Dr)		Sudut Geser Dalam	
			Menurut peck	Munurut Meyerhoff
0-4	0,0-0,2	Sangat Lepas	<28,5	<30
4-10	0,2-0,4	Lepas	28,5-30	30-35
10-30	0,4-0,6	Sedang	30-36	35-40
30-50	0,6-0,8	Padat	36-41	40-45
>50	0,8-0,10	Sangat Padat	>41	>45

Hasil pengujian SPT didapatkan dari lapangan dibutuhkan melakukan koreksi. Dimana terdapat dua jenis koreksi, koreksi efisiensi alat dan koreksi tegangan *overburden* efektif (kedalaman).

1. Koreksi nilai SPT dikembangkan oleh Skempton, 1986:

$$N_{60} = \frac{E_m \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r}{0,60} \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana :

- N_{60} = Nilai koreksi terhadap Cara Uji SPT
- E_m = Hammer Eficiency
- C_b = Koreksi Diameter bor
- C_s = Koreksi Sampler
- C_r = Koreksi Panjang Batang
- N = Harga SPT Lapangan

2. Koreksi tegangan kedalaman seperti dibawah ini:

$$N_{60} = C_N \cdot N_{60} \dots\dots\dots 2.16$$

Pasir halus normal konsolidasi :

$$C_N = \frac{2}{1 + \sigma_v / \sigma_r} \dots\dots\dots 2.17$$

Pasir kasar normal konsolidasi :

$$C_N = \frac{3}{2 + \sigma_v / \sigma_r} \dots\dots\dots 2.18$$

Pasir Over konsolidasi

$$C_N = \frac{1,7}{0,7 + \sigma_v / \sigma_r} \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan:

N_{60} = Nilai SPT terkoreksi cara uji dan regangan overburden.

σ_v = Tegangan Overburden efektif

σ_r = *Reference Stess* = 100 kPa

Untuk mengatur diameter bor, sampler dan panjang badan tiang. Dimensi didapatkan melandasi kebutuhan desain tiang bor, seperti Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. *Sampler, Bore Hole, And Rod Correction Factors*

<i>Factor</i>	<i>Equipment variabels</i>	<i>Value</i>
<i>Borehole diameter factor, C_B</i>	<i>2,5-4,5 inc (65-115 mm)</i>	<i>1,00</i>
	<i>6 inc (150 mm)</i>	<i>1,05</i>
	<i>8 inc (200 mm)</i>	<i>1,15</i>
<i>Sampling method factor, C_B</i>	<i>Standard sampler</i>	<i>1,00</i>
	<i>Sampler without liner (not recommended)</i>	<i>1,20</i>
<i>Rod length factor, C_B</i>	<i>10-13 ft (3-4 m)</i>	<i>0,75</i>
	<i>13-20 ft (4-6 m)</i>	<i>0,85</i>
	<i>20-30 ft (6-10 m)</i>	<i>0,95</i>
	<i>>30 ft (>10 m)</i>	<i>1.00</i>

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi tiang tekan hidrolis pada tanah pasir dan silt (*non-kohefif*) didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*)

$$Q_p = 40 \cdot N_r \cdot A_p \dots\dots\dots 2.20$$

Untuk tahanan geser selimut tiang:

$$Q_s = 0,2 \cdot N\text{-SPT} \cdot A_k \cdot L_i \dots\dots\dots 2.21$$

Daya dukung ultimate (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots 2.22$$

Rumus Daya dukung ijin:

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \dots\dots\dots 2.23$$

Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) untuk tanah kohesif plastis :

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \dots\dots\dots 2.24$$

Untuk Tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot K_p \cdot L_i \dots\dots\dots 2.25$$

$$C_u = N\text{-SPT} \cdot 2/3 \cdot 10 \dots\dots\dots 2.26$$

Dimana :

α = koefisien adhesi antara tiang dan tanah

C_u = kohesi tanpa air

A_k = keliling diameter tiang

L_i = panjang lapisan tanah

2. Kekuatan Lekatan (*skin friction*)

Untuk pondasi tiang type *large displacement* (*driven pile*) :

$$f_s = \frac{\sigma_r}{50} N_{60} \dots\dots\dots 2.27$$

untuk pondasi tiang type *small displacement (bore pile)*

$$f_s = \frac{\sigma_r}{100} N_{60} \dots\dots\dots 2.28$$

dan:

$$P_{su} = A_p \cdot f_s \dots\dots\dots 2.29$$

Dimana:

f_s = Satuan tahanan gesekan kulit kN/m^2

N_{60} = Nilai SPT N_{60}

A_p = Luas penampang tiang

P_{us} = Kapasitas Daya Dukung Gesekan Kulit kN

L_i = Panjang Lapisan Tanah (m)

A_k = Keliling tiang (m)

Q_p = Tahanan Ujung

Q_s = Tahanan Selimut

2.4.2 Cone Penetration Test

Percobaan Sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* merupakan pengujian tanah yang cukup banyak dikembangkan di Indonesia. Bagian utama alat ini adalah kerucut terbalik atau konus yang terbuat dari logam. Nilai ketahanan konus (q_c) sama dengan gaya perlawanan dibagi dengan luas konus. Sebelum proyek dimulai, data tanah dibutuhkan untuk merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) pondasi tiang pancang.

Tahanan ujung ultimit tiang (Q_b) dinyatakan dalam persamaan :

$$Q_p = A_p \times q_c \dots\dots\dots 2.1$$

Rumus tahanan gesek dinding tiang (Q_s):

$$Q_s = A_k \times f_s \dots\dots\dots 2.2$$

Persamaan Kapasitas daya dukung ultimit tiang (Q_u):

$$Q_u = Q_p + Q_s = A_b \times q_c + A_s \times f_s \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

A_p = Luas ujung tiang bawah.

A_k = Luas selimut tiang.

Q_c = Tahanan ujung kerucut statis.

Q_s = Tahanan gesek dinding.

f_s = Nilai tahanan gesek tiang.

Tahanan ujung tiang per satuan luas (f_b) menurut Vesic (1967) hampir sama dengan tahanan kerucut (q_c), $f_b = q_c$.

Pada gambar 1., *Meyerhoff* juga menyarankan bahwa q_c rata-rata dihitung dari 8D di atas tiang hingga 4 D di bawah dasar tiang.

Jika tidak ada data yang meyakinkan dimana menunjukkan hubungan antara tahanan konus dan tahanan tanah Tomlinson menyarankan faktor ω untuk tahanan ujung 0,5. Metode *Meyerhoff* dapat digunakan untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil pengujian sondir.

$$Q_p = A_p \cdot q$$

$$= A_p \cdot (c \cdot N_c^* + q \cdot N_q^*) \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung tiang (ton)

A_p = Luas penampang Ujung Tiang (m²)

N_c^*, N_q^* = Faktor daya dukung yang telah disesuaikan.

c = Nilai kohesi pada ujung tiang (ton/m²)

q = Daya dukung satuan per satuan luas (ton/m²)

Daya dukung ultimate pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot A_k) \quad 2.5$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

q_c = Tahanan Ujung Sondir

A_p = Luas Penampang Tiang

JHL = Jumlah Hambatan Lekat

A_k = Keliling Tiang

Rumus Daya Dukung ijin Pondasi :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot A_p}{5} \quad 2.6$$

Keterangan:

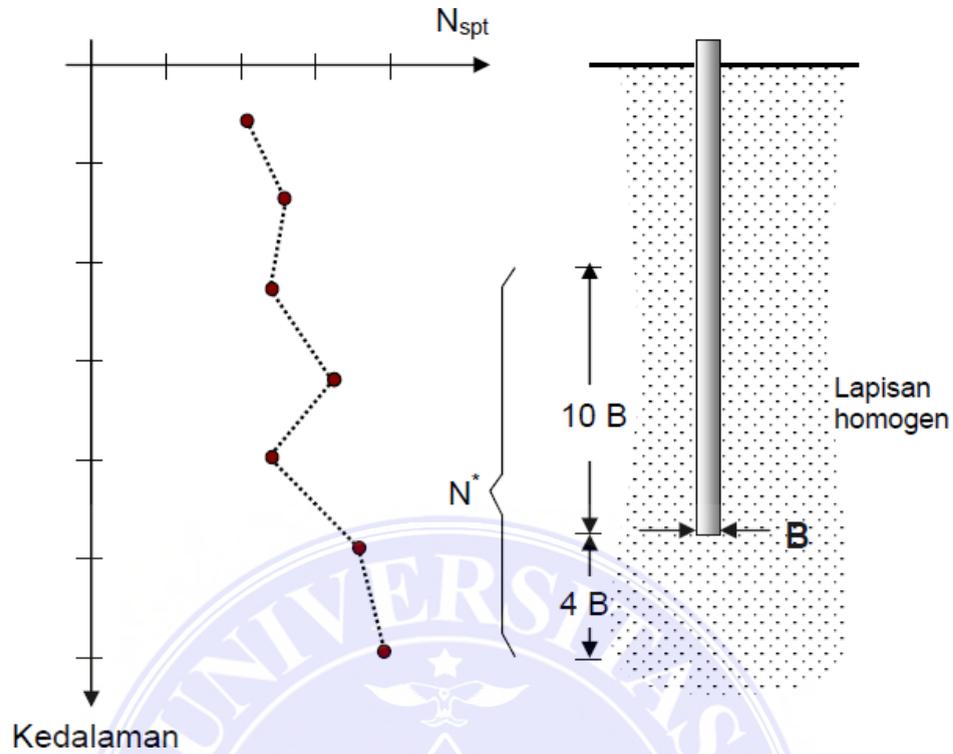
Q_{ijin} = Kapasitas Daya Dukung Ijin Pondasi

q_c = Tahanan Ujung Sondir

A_p = Luas Penampang Tiang

JHL = jumlah hambatan lekat

A_k = keliling tiang



Gambar 3. Tahanan Ujung Tiang Cara Meyerhoff

a. Teori Dari De Beer

Untuk tanah pasir (*non cohesive*) :

$$p = qc \frac{A_p}{2} \dots\dots\dots 2.7$$

Untuk Tanah Kohesif:

$$p = \frac{qc \cdot A_o \cdot f \cdot v}{3} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

- qc = Tekanan Konus
- A_p = Jumlah Hambatan Tiang
- O_f = Jumlah Hambatan Pelekat
- U = Keliling Tiang, 1 dan 2 angka keamanan

b. Metode Dutch Theoris Yang diperbaharui oleh Delft laboratory.

Metode Dutch dalam menghitung daya dukung ujung pada tanah koefisien (heijen, 1974: Deruiter dan Beringen, 1979). Jika tiang dipasang pada tanah keras dan melalui tanah lunak, data sondir harus berada pada kedalaman empat kali diameter tiang di atas dasar dan delapan kali diameter tiang di bawah dasar. perlawanan ujung tiang kemudian dihitung.

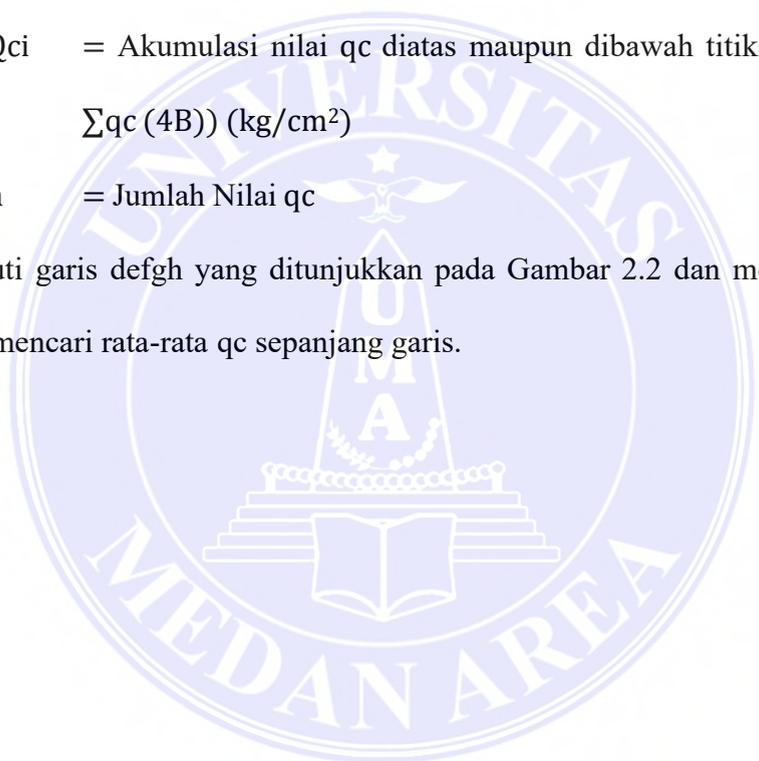
$$q_e = q_c (g) = \frac{\sum q_{ci}}{n} \dots\dots\dots 2.9$$

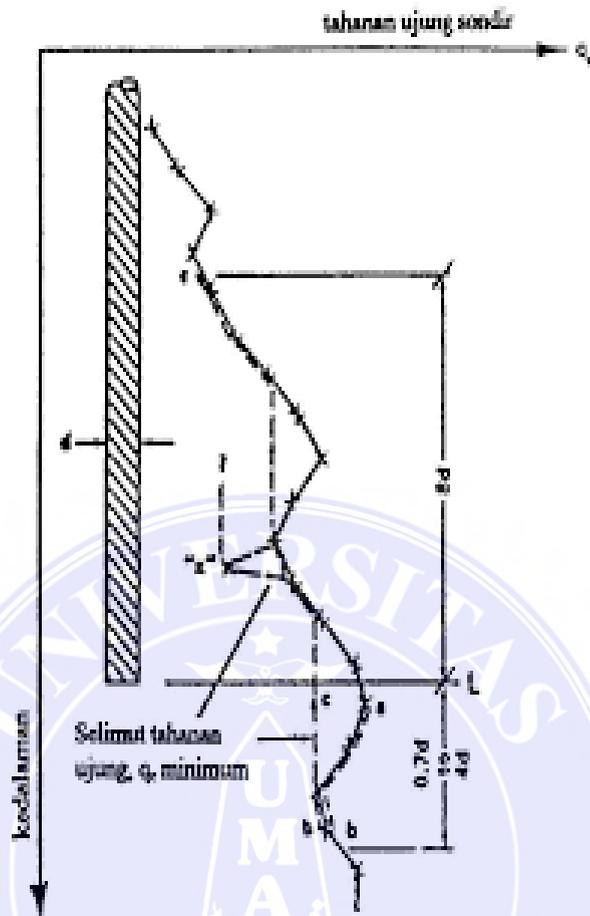
Keterangan :

Q_{ci} = Akumulasi nilai q_c diatas maupun dibawah titik ($\sum q_c (8B) + \sum q_c (4B)$) (kg/cm²)

n = Jumlah Nilai q_c

Mengikuti garis defgh yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan menghitung q_c dengan mencari rata-rata q_c sepanjang garis.





Gambar 4. Tekanan Ujung data CPT (Heijnen, 1974)

- a. Tentukan *correlation factor* ω ke kolom buat konten kerikil ataupun konsolidasi berlebih dengan Tabel 5.

Tabel 5. Nilai ω

Kondisi Tanah	ω
Pasir dengan OCR = 1	1
Pasir kerikil kasar : pasir dengan OCR = 2-4	0,67
Kerikil halus : pasir dengan OCR = 6-10	0,50

Keterangan : OCR = Rasio Konsolidasi Berlebih

b. Menghitung akhir unit daya dukung bersih, q_c' , sebagai berikut :

$$Q_c' = \frac{\omega + q_{c1} + q_{c2}}{2} \leq 300.000 \frac{lb}{ft} (15000 \text{ kPa}) \dots\dots\dots 2.10$$

Meskipun para insinyur biasanya tidak menggunakan CPT untuk menghitung redaman tepi pada kohesif tanah, Notting Hamdan Schmertmann (1975) menguji model bertumpuk dan menemukan bahwa metode belanda bekerja dengan baik untuk kohesif tanah polos atau sedikit terkonsolidasi berlebih pada S_u di atas 1000 lb/ft (50 kPa). Schmertmann (1978) menyarankan untuk membagi hasil persamaan 2.8 dengan faktor pengerasan tanah. Bila menggunakan mekanik kerucut pada tanah yang kohesif, kecepatan yang direkomendasikan untuk membagikan kekuatan kapasitas total menunjukkan dukungan ujung sebesar 0,60.

c. Metode *laboratorium sentral ponset des chaussees* (LCPC)

Laboratorium pusat ponset des chaussees (LCPC) di Perancis juga mengembangkan metodologi berbasis CPT (Bustamante dan Gianceselli, 1982, Briaud dan Miran, 1991). Metodologi ini dapat diterapkan pada berbagai kondisi tanah dan mempertimbangkan warna tiango dan fondasi setempat. Persamaan berikut digunakan untuk menentukan nilai Q_c :

$$Q_c' = q_{ca} \cdot k_c \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana :

Q_{ca} = persamaan kuat dukung ujung kerucut pada ujung tiang

k_c = faktor dukung ujung kerucut.

Untuk menentukan nilai f_s menggunakan persamaan :

Tanah *cohesionless* dengan $z < 8 B$

$$f_s = \alpha' s (z/8B) f_{sc} \dots\dots\dots 2.12$$

Tanah cohesionless dengan $z \geq 8B$

$$F_s = \alpha' s \cdot f_{sc} \dots\dots\dots 2.13$$

Tabel berikut menunjukkan nilai K_c yang dapat diperoleh berdasarkan ketentuan yang berlaku dari metode (LCP).

Tabel 6. Nilai K_c dari Metode LCPC

Soil Type	Cone and Bearing Faktor, K_c	
	Drilled shafts	Piles
Clay and Silt	0,375	0,600
Sand And Gravels	0,150	0,375
Chalk	0,200	0,400

Tanah cohesive

$$f_s = \alpha' s \cdot f_{sc} \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan:

- f_s = Nilai tahanan gesek tiang
- z = Kedalaman tiang
- B = Diameter Tiang
- $\alpha' s, \alpha' s$ = Faktor Nottingham adhesi
- f_{sc} = Tahanan Gesek lokal
- D = Penetrasi permukaan bawah tiang

2.5 Efisiensi Kelompok Tiang

Coduto (1983) menerangkan sejumlah variabel mempengaruhi efisiensi tiang termasuk :

1. Jarak tiang, panjang, susunan, jumlah, serta diameter.
2. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).

3. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang.
5. Macam tanah.
6. Waktu setelah pemasangan.
7. Hubungan antara tanah dan pelat pile cap
8. Arah dari beban yang bekerja.

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut :

1. *Conversi – Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)}{90 mn} \dots \dots \dots 2.30$$

Dengan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

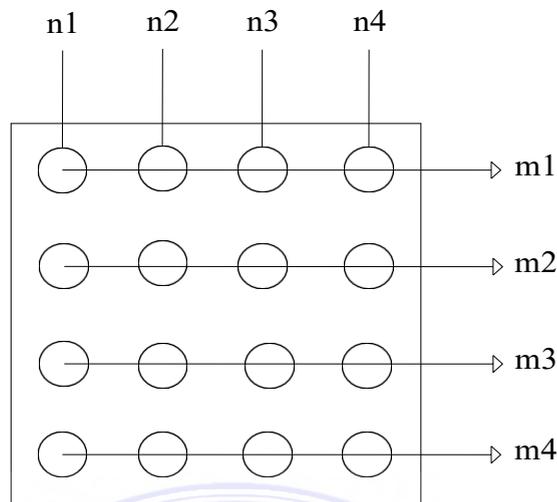
θ = arc tg d/s, dalam derajat

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

d = Diameter tiang

s = Jarak pusat ke pusat tiang



Gambar 5. Baris Kelompok Tiang

2. *Los Angeles Group – Action Formula*

$$E_{LA} = 1 - \frac{D}{\pi \cdot S \cdot m} [m \cdot (n - 1) + (m - 1) + \sqrt{2(m - 1)(n - 1)}] \dots\dots\dots 2.31$$

Dengan :

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang per baris

d = Diameter tiang

s = Jarak antara pusat ke pusat tiang

3 *Metode Feld*

$$E_{ff. \text{ tiang}} = 1 - \left(\frac{\text{Jumlah Tiang Yang Mengelilingi}}{\text{Jumlah Tiang}} \right) \dots\dots\dots 2.32$$

Efisiensi dari kelompok tiang (pile group) :

$$E_g = \text{jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff. \text{ tiang}} \dots\dots\dots 2.33$$

Efisiensi satu tiang :

$$E_{ff} = \frac{E_g}{\text{jumlah tiang}} \dots\dots\dots 2.34$$

Tiap daya dukung tiang dalam kelompok tiang (single pile) adalah :

$$\text{Daya dukung} = E_{ff} \times Q_{\text{tiang}} \dots\dots\dots 2.35$$

Dimana :

Q_{tiang} = daya dukung single pile/tiang tunggal (kN)

E_g = efisiensi tiang grup

E_{ff} = efisiensi tiap tiang

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g \dots\dots\dots 2.36$$

Dengan :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang

n = Jumlah tiang dalam kelompok

Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang

E_g = Efisiensi kelompok tiang

2.6 Pembebanan Yang Bekerja Pada Gedung

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Menurut pendapat Silalahi (2009: 16), yang mengatakan bahwasanya “ beban merupakan segala kekuatan bekerja pada suatu benda ataupun struktur yang dapat dibedakan berdasarkan bentuk dan lamanya pembebanan”.

Menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 beban-beban tersebut adalah yang tercantum di bawah ini:

2.6.1 Beban Statik

Beban statik adalah beban yang memiliki perubahan intensitas beban terhadap waktu berjalan lambat atau konstan. Jenis-jenis beban statik menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan Gedung 1983 adalah dijelaskan sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead Load*)

Beban yang bekerja akibat gravitasi yang bekerja tetap pada posisinya secara terus menerus dengan arah ke bumi tempat struktur didirikan. Yang termasuk beban mati adalah berat struktur sendiri dan juga semua benda yang tetap posisinya selama struktur berdiri.

2. Beban hidup (*Live load*)

Beban yang disebabkan oleh penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk barang-barang yang dapat berpindah, mesin, dan peralatan lain, selama umur gedung tersebut.

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m^2 ditentukan dengan mengendalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dalam peraturan ini. Tekanan tiup diambil 40 kg/m^2 karena kurang lebih dekat dengan lau, sedangkan untuk koefisien angin diambil untuk koefisien angin untuk gedung tertutup dan sudut kemiringan atap (α)

kurang dari 65° (SNI 1727-2013) . Beban angin terdiri dari pertemuan beban angin, beban tiup, koefisien angin, dan pembebasan peninjauan angin. (SNI 1727-2013). Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar $(40-0,8 a')$ kg/m^2 dimana a' sebagai sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu di ambil lebih besar dari $20 kg/m^2$ dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya adalah lebih besar dari 500 .

4. Beban Hujan

Beban air hujan $(40-0,8 a')$ kilogram per meter persegi (a' adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dan beban terbagi rata per meter persegi tidak perlu dihitung jika kemiringan atap < 500 derajat).

2.6.2 Beban Dinamik

Beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat.

1. Beban Angin.

Menurut Setiawan (2008:4), “beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin”, beban angin sangat tergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur. Struktur yang berada pada lintasan angin akan meenyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Akibatnya, energi kinetik angin akan berubah menjadi energi potensial berupa tekanan atau hisapan pada struktur. Besarnya tekanan tiup harus diambil sebesar $25 kg/m^2$, kecuali untuk bangunan berikut:

1. Tekanan tiup tepi laut hingga 5 km dari tepi laut harus di ambil minimum 40 kg/m^2
2. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m^2 , harus diambil sebesar $p = V^2 / 16$ (kg/m^2), dengan V adalah kecepatan angin dalam m/s
3. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m^2 harus ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0,6h)$, dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter, diukur dari lapangan yang berbatasan.

a. Penentuan Jenis Tanah

Dalam menentukan jenis tanah lokasi yang di analisa untuk desain dari respon spektra, perlu dilakukan invetigasi tanah sehingga mendapatkan data *bor log* berupa nilai N-SPT lokasi tanah yang ditinjau, ataupun melakukan *seismic downhole test* untuk mendapatkan nilai kuat gelombang geser. Dari kedua hasil tersebut dapat digunakan untuk mengklasifikasi jenis tanah atau biasanya dikenal dengan nama *site classification*. Setiap daerah memiliki situs atau jenis tanah yang berbeda-beda, untuk itu sangat penting untuk mengklasifikasi situs kedalam beberapa kelas situs:

Tabel 7. Klasifikasi Situs (SNI 1726, 2012)

Kelas Situs	\tilde{V} (m/ detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/ A	N/ A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/ A	N/ A
SC (tanah keras, sangat padat dan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
	< 175	< 15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:		
SE (tanah lunak)		<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks Plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ 3. Kuat geser $\hat{S}_u < 25 \text{kPa}$ 	
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon spesifik- situs.		<ol style="list-style-type: none"> a. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah b. Lempung sangat organik atau gambut (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) 	
		Lapisan lempung lunak atau setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\hat{S}_u < 50 \text{kPa}$	

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

Apabila sifat tanah tidak dapat diketahui dengan jelas, maka dapat di golongkan ke dalam kelas situs SE (tanah lunak) sesuai dengan SNI 1726- 2012. Dengan menggunakan data hasil investigasi, yang digunakan adalah nilai N-SPT tiap lapisan tanah hingga kedalaman 30 meter, dikarenakan sesuai dengan peraturan SNI 1726- 2012 bahwa minimal harus hingga kedalaman 30meter lapisan tanah yang ditinjau untuk mendesain suatu respon spektra untuk suatu struktur tanah gempa. Nilai N- SPT yang diperoleh tiap lapisan tanah dihitung rata-ratanya menggunakan rumus:

$$\check{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\frac{\sum_{i=1}^n Ni}{n}} \dots\dots\dots 2.42$$

Keterangan:

\check{N} = nilai N- SPT rata-rata;

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 s/d 30meter;

N_i = Nilai N-SPT setiap lapisan tanah antara kedalaman 0 s/d 30meter

$$\sum_{i=1}^n di = 30 \text{ meter.}$$

Namun, dengan data kecepatan gelombang geser yang diperoleh dari tes seismik *downhole*, rumus berikut dapat digunakan:

$$\check{V} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Vs}} \dots\dots\dots 2.43$$

Keterangan:

\check{V} = Kecepatan gelombang geser rata-rata;

d_i = Tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 s/d 30meter;

V_s = Kecepatan gelombang geser setiap lapisan tanah antara kedalaman 0 s/d 30meter;

$$\sum_{i=1}^n di = 30 \text{ meter.}$$

Berdasarkan tabel tersebut, kedua hasil data menunjukkan bahwa tanah yang ditinjau masuk ke dalam kategori kelas situs.

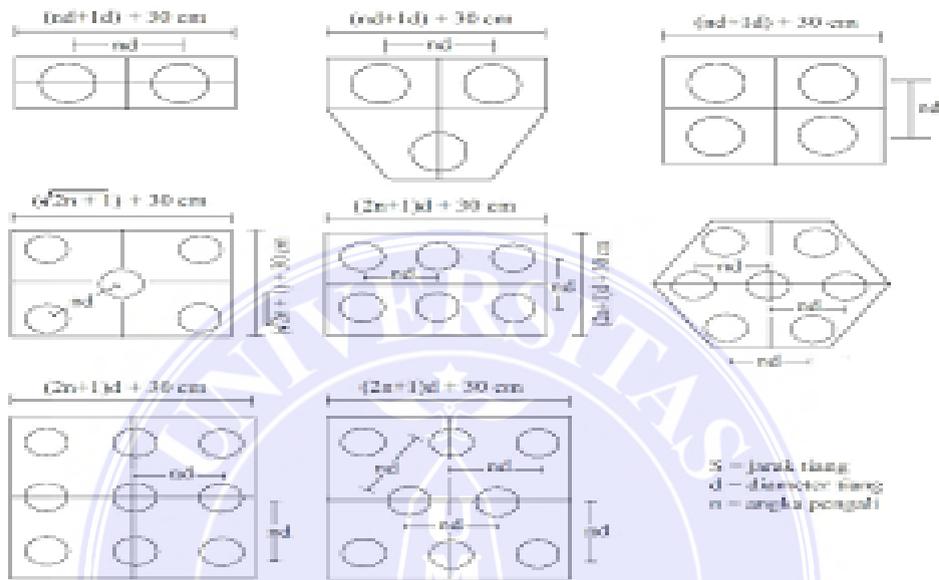
b. Pelat Penutup Atas (*Pile Cap*)

Dalam hal pelaksanaan, ada beberapa situasi di mana kondisi lingkungan menyebabkan pekerjaan tidak dapat dilakukan dengan baik dan sesuai dengan kondisi yang diasumsikan. Perencanaan struktur pondasi harus mempertimbangkan kondisi tanah pondasi dan batas struktur. Pondasi tiang pancang, yang terletak pada kedalaman sepuluh meter di bawah permukaan tanah, terdiri dari beberapa tiang dalam satu kelompok yang disatukan dengan pile cap. Karena momen lentur struktur atas dan beban aksial yang didukung pondasi yang cukup besar, maka digunakan untuk mendistribusikan beban ke seluruh ruang. Teknik umumnya adalah mengikat tiang tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom (Pamungkas, 2013:87).

Pemasangan pelat penutup tiang (*pile cap*) pada bangunan: Jika pondasi tiang pancang dibangun pada tanah dasar pondasi yang memiliki nilai kohesi tinggi, pelat penutup tiang (*pile cap*) akan berfungsi untuk menahan beban yang diterima tiang. Jika jarak tiang tidak teratur atau terlalu lebar, luas denah pile cap akan bertambah besar, yang mengakibatkan volume beton. Dalam buku Analisa dan Perencanaan Pondasi II, disebutkan bahwa (Teng, 1962):

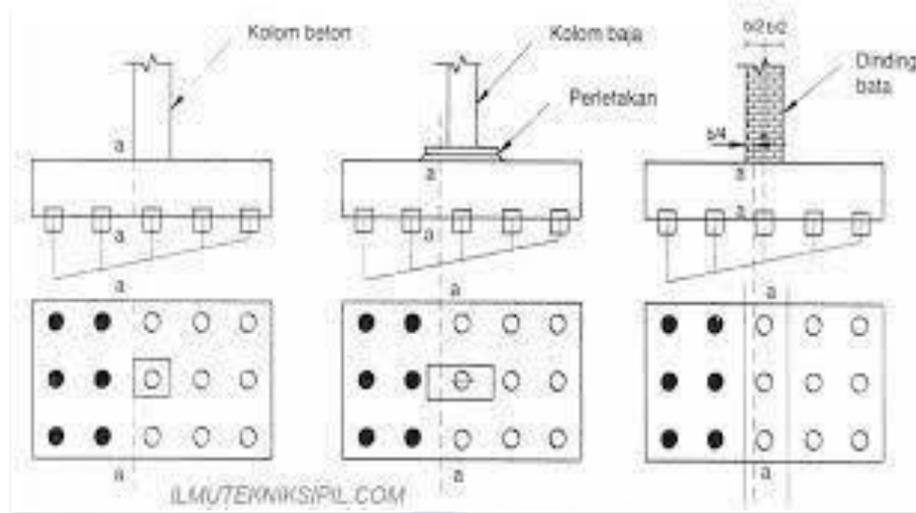
1. Pelat *pile cap* amat pejar
2. Ujung tas tiang menggantung pada pelat penutup tiang.
3. Tiang adalah elastis juga kolom pendek, jadi tidak ada momen lentur yang disebabkan oleh pelat penutup tiang. Akibatnya, bidang rata dibentuk oleh distribusi tegangan dan deformasi. Tegangan geser ijin beton memengaruhi

ketebalan pelat penutup tiang, yang harus dihitung pada potongan kritis. Untuk menghitung momen lentur pelat penutup tiang, gunakan momen yang bekerja dari pusat tiang ke permukaan kolom terdekat. Gambar berikut menunjukkan contoh susunan tiang tiang dalam *pile cap*.



Gambar 6. Susunan Kelompok Tiang Dalam Pelat Penutup Tiang

Untuk mengurangi tegangan pada pile cap yang terlalu besar, tiang tiang harus dipasang berbentuk geometri jika jarak antara tiang dan tiang cukup besar. Agar struktur yang akan ditanggung dapat menahan beban yang berat. Jadi, kita dapat melihat contoh bentuk geometri yang digunakan untuk menutup tiang, seperti kolom beton, baja, atau bata, yang masing-masing dirancang untuk menahan beban yang berbeda. Gambar 7. berikut menunjukkan hal ini.



Gambar 7. Kriteria Perancangan Pelat Penutup Tiang (*Pile Cap*)

Dalam hitungan, tanah di bawah pile cap dianggap tidak mendukung beban sama sekali jika beban sentris.

2.7 Gaya yang Dibutuhkan Untuk Kontraksi *Pile Cap*

1. Gaya Geser

Gaya tegak lurus yang bekerja memanjang balok atau batang terhadap sumbu. Juga dikenal sebagai gaya lintang dikarenakan mampu mengubah arah penampang melintang balok. Dimana yang apabila balok beton bertulang tidak dapat menahan gaya geser, balok akan patah. Dan untuk mencegah hal ini terjadi, seseorang dapat menggunakan sengkang yang cukup rapat untuk mencegah gaya geser tersebut. (Silalahi, 2009: 19).

2. Gaya Normal

Bentuk normal adalah yang bekerja sejajar dengan sumbu balok atau batang. Pendekatan ini dapat mengakibatkan tegangan atau tarikan pada balok tergantung pada arah lintasannya. Jika suatu balok tidak dapat menahan pengaruh gerakan normal, maka balok tersebut dapat berubah dimensi dan patah. (Silalahi 2009:21)

3. Momen Lentur

Gaya lentur pada balok atau batang disebut momen lentur. Besarnya momen lentur di suatu titik sama dengan gaya dikalau jarak terhadap titik tersebut. Penampang dapat berubah karena topik ini. Balok melengkung dan akhirnya patah jika tidak mampu menahan pengaruh lentur (Silalahi 2009:22).

4. Pengaruh Gaya Aksial

Berdasarkan Pamungkas (2013:57), *pile cap* dibebani gaya aksial tekan atau tarik akibat gaya luar, dan beban aksial dan momen yang bekerja akan didistribusikan ke *pile cap* dan kelompok tiang berdasarkan rumus elastisitas. Dengan demikian, *pile cap* dianggap kaku sempurna, sehingga pengaruh gaya bekerja tidak menyebabkan *pile cap* melengkung atau deformasi.

a. Gaya aksial tekan, Beban retak diagonal pada tegangan geser v dan tegangan lentur f tegangan-tegangan ini dinyatakan sebagai berikut:

1) Untuk membandingkan tegangan geser rata-rata dengan tegangan geser pada titik di atas retak lentur, persamaan berikut digunakan:

$$= K_2 \frac{M}{bd} \dots\dots\dots 2.52$$

2) Selain itu, tegangan tarik lentur pada beton di titik retak dapat dihitung dengan rasio modulu persamaan berikut:

$$n = E_s/E_c \cdot f = K_2 \frac{M}{bd^2} \dots\dots\dots 2.53$$

b. Gaya aksial tarik, Kekuatan beton untuk penampang yang menghadapi beban aksial tarik, lentur, dan geser dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{0,3 N_u}{A_g}\right) \sqrt{f_c \cdot b_w \cdot d} \dots\dots\dots 2.54$$

Dengan harga N_u , aksial tarik ialah negatif. SNI disarankan untuk penampang dengan kombinasi aksial tarik yang cukup besar. V_c dianggap nol, dan tulangan geser harus dibuat untuk memukul geser total.

2.8 Beban *Pile Cap* (*Poer*)

Perencanaan ikatan ganda mencakup menghitung beban kolom, membuat rencana ikatan ganda, dan menerapkannya. Memeriksa dimensi dan kekuatan geser gelang sangat penting.

1. Perhitungan Pembebanan Gedung

a. Beban vertikal yang bekerja pada pelat pembebanan pada lantai

1) Beban Mati (*Dead Load*)

(a) Beban segitiga

Berat sendiri pelat lantai = Tebal pelat x berat jenis beton

Beban spesi = Tebal pelat x berat spesi/cm

Beban penutup lantai ubin = Tebal x berat ubin/cm

Beban plafond = pengantung

(b) Beban Garis

Beban hidup untuk gedung perbelanjaan = 250 kg/m^2

b. Beban Horizontal (Beban Gempa Statik Ekuivalen)

1) Menentukan berat bangunan total Berat lantai

(a) Beban mati (*Dead Load*)

Pelat = luas pelat x tebal pelat x berat jenis beton

Balok = keliling daerah balok x berat baja

Kolom = Banyak kolom x tinggi dinding H2 x berat kolom baja

Plafond = luas plafond x berat (plafond + pengantung)

(b) Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup untuk gedung QLL = 250 kg/m²

2) Menentukan getar alami (T)

Rumus :

$$\text{Portal beton } T = 0,06 H$$

$$\text{Portal baja } T = 0,08 H^3$$

Dimana

H = Tinggi bangunan diukur dari tumpuan jepit sampai puncak struktur

2.8.1 Perhitungan Rencana Tulangan Diatas Pondasi Tiang

Terutama ketika menggunakan sekelompok tiang dilengkapi dengan pengikat yang disebut *pile cap*. Tulangan *pile cap* ini dihitung dengan mempertimbangkan tegangan *pons* atau geser. Tahap perhitungan terdiri dari:

- a. ρ_{min} = $\frac{14}{fy}$ 2.66
- b. ρ_{maks} = $0.75 \times \rho_b$ 2.67
- c. ρ = $\frac{As}{b.d}$ 2.68
- d. As = $\frac{Mn}{fy \times ak \times d}$ 2.69

Syarat : $\rho_{maks} < \rho < \rho_{min}$

Dimana :

- ρ = Rasio distribusi tulangan
- ρ_{maks} = Rasio distribusi tulangan maksimum
- ρ_{min} = Rasio distribusi tulangan minimum
- fy = Mutu baja (MPa)
- Mu = Momen lentur kritis (Tm)

- b = Lebar/panjang pile cap (mm)
- ak = Lebar kolom
- d = Lebar penampang kritis
- As = Luas penampang tulangan yang dibutuhkan (mm²)

2.9 Perhitungan Daya Dukung Pondasi

Sebagian besar daya dukung pondasi berasal dari perlawanan tanah keras di ujung tiang. Jika tiang dimasukkan hingga lapisan tanah keras, seluruh beban dianggap mengalir ke lapisan keras melalui ujung tiang, menurut data SPT.

Adapun peraturan dan standart peraturan beban-beban yang bekerja pada gedung adalah sebagai berikut:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-1992)
2. Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (SNI-03-1727-1989)
3. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-1729-2002)

2.9.1 Metode Meyerhoff

Perhitungan daya yang mendukung pondasi ini memanfaatkan rumus Meyerhoff sebagai acuan. Berikut adalah penjelasan rumus-rumus ini:

Daya dukung pondasi tiang pada tanah non kohesif

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*)

$$Q_p = 40 \cdot N_r \cdot A_p \dots\dots\dots 3.1$$

2. Tiang tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = 0,2 \cdot N_k \cdot P \cdot L_i \dots\dots\dots 3.2$$

3. Daya dukung ultimate (Qu)

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots 3.3$$

4. Daya dukung ijin dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} \dots\dots\dots 3.4$$

Dimana :

- Qp = Tahanan Ujung (*end bearing*)
- Qs = Tahanan Selimut Tiang
- Qu = Daya Dukung Ultimit
- Qijin = Daya Dukung Ijin
- Ap = Luas tiang Pancang (m²)
- Li = Panjang Lapisan Tanah (m)
- P = Keliling Tiang (m)
- Nr = Nilai Rata-Rata
- Nk = Nilai Rata-Rata kedalaman Tiang yang tersentuh oleh tanah

a. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang menggunakan persamaan rumus

converse labarre formula AASHTO sebagai berikut :

$$E_g = \theta \frac{(n'-1).m+(m-1).n'}{90.m.n'} \dots\dots\dots 3.5$$

Dimana :

- Eg = Efisiensi kelompok tiang
- m = jumlah baris tiang
- n' = jumlah tiang dalam satu baris
- θ = Arc tg d/s, dalam derajat
- s = jarak tiang

d = diameter tiang

Kelompok tiang dapat dihitung dengan mengalikan efisiensi kelompok tiang dan jumlah tiang kelompok, menggunakan rumus berikut:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \dots\dots\dots 3.6$$

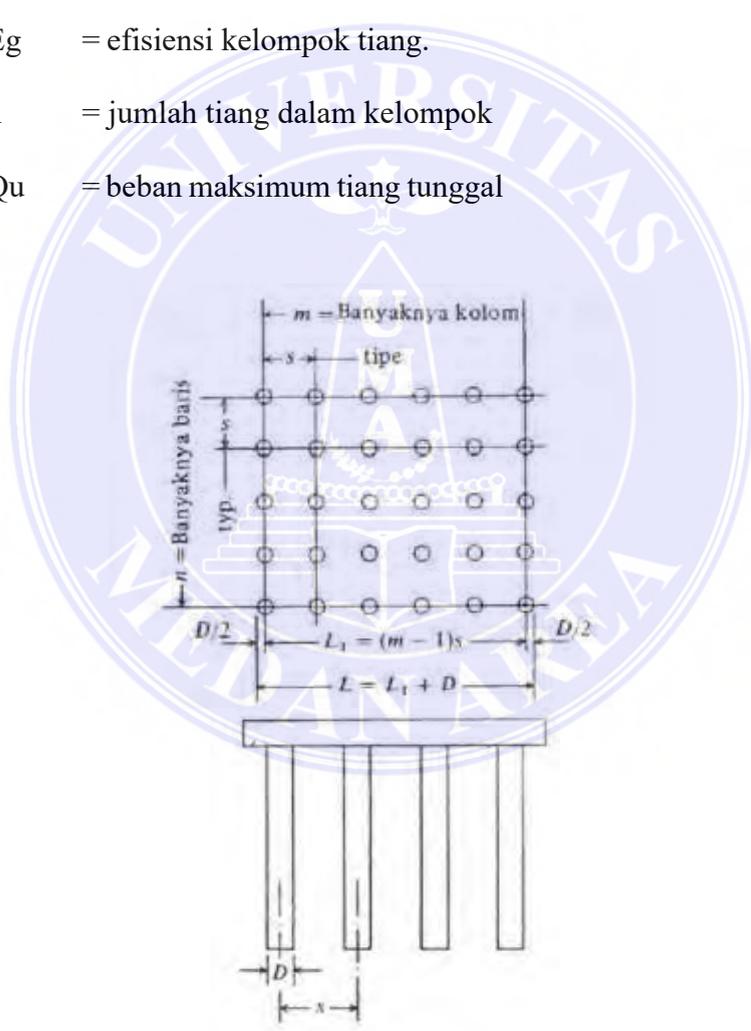
Dimana :

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

E_g = efisiensi kelompok tiang.

n = jumlah tiang dalam kelompok

Q_u = beban maksimum tiang tunggal



Gambar 8. Efisiensi Kelompok Tiang (Sumber: Rahardjo, 2000)

Efisiensi kelompok tiang bergantung pada beberapa faktor, diantaranya:

- a. Jumlah tiang, panjang, diameter, pengaturan dan juga serta pada

terutama jarak antara tiang.

- b. Modus pengalihan beban (gesekan selimut atau tahanan ujung).
- c. Prosedur pelaksanaan konstruksi (tiang pancang atau tiang bor).
- d. Urutan instalasi tiang.
- e. Waktu setelah pemasangan tiang.
- f. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
- g. Arah dari beban yang bekerja (Rahardjo, 2000).

b. Jenis Beban

1. Beban Mati

Beban mati merupakan beban sendiri konstruksi (*specific gravity*) yang bekerja tetap pada posisinya secara terus menerus dengan arah ke bumi tempat struktur didirikan. Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (SNI-03-1727-1989) adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Besar Beban Konstruksi Berdasarkan Material

Beban Mati	Besar Beban
Baja	7.850 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Dinding pasangan 1/2 bata	250 kg/m ³
Kaca setebal 12 mm	30 kg/m ³
Langit-langit + penggantung	18 kg/m ²
Lantai Ubin semen Portland	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²
Pertisi	130 kg/m ²
Genteng + reng + usuk	50 kg/m ²

Untuk perencanaan beban bangunan di luar negeri, harus diperhitungkan juga dengan banjir, beban suhu, beban salju, dan beban Es dan lainnya, semuanya ada di ASCE 7-10.

2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban-beban yang mungkin saja dapat ada ataupun tidak ada pada struktur selama periode waktu tertentu yang diberikan. Maka pada berikut ini digambarkan tata cara perencanaan pembebanan rumah dan gedung (SNI 03-1727-2013) yang diuraikan dalam tabel.

Tabel 9. Beban Hidup Pada Lantai Bangunan

Beban Hidup Lantai Bangunan	Besar beban
Perkantoran, ruang kuliah, hotel, asrama, dll	250 kg/m ²
Tangga dan Borders	300 kg/m ²
Beban Pekerja	100kg/m ²
Lantai Atap	100/m ²

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/cm², ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien-koefisien angin yang telah ditentukan dalam peraturan

ini. Tekanan tiup di ambil 25 kg/cm^2 , sedangkan untuk koefisien angin diambil untuk koefisien angin untuk gedung tertutup dan sudut kemiringn atap (α) kurang dari 65° . (SNI-1727-2013). Beban angin terdiri dari pertemuan beban angin, tekanan tiup, koefisien angin, dan pembebasan peninjauan angin. (SNI 1727-2013).

4. Beban Hujan.

Beban sebesar $(40-0.8a')\text{kg/m}^2$, dengan a' sebagai sudut kemiringan atap dalam derajat, dan beban terbagi rata per meter persegi tidak diperlukan hitungan apabila kemiringan atap $>$ dari 500. (SNI-1727-1989, hal 8).

2.10 Penurunan kelompok tiang

Kombinasi dari penurunan elastis, atau penurunan segera, dan penurunan konsolidasi jangka panjang, atau penurunan yang terjadi dalam jangka waktu yang lama, menyebabkan penurunan tiang pancang di dalam kelompok tiang 2002 (Erny Harianti & Anugrah Pamungkas). Jumlah dari dua bentuk pengurangan yang berbeda adalah penurunan keseluruhan.

$$S = S_i + S_c \dots \dots \dots (2.77)$$

Dimana:

S = penurunan total

$S_i = \textit{immediate settlement}$

$S_c = \textit{consollidation settlement}$

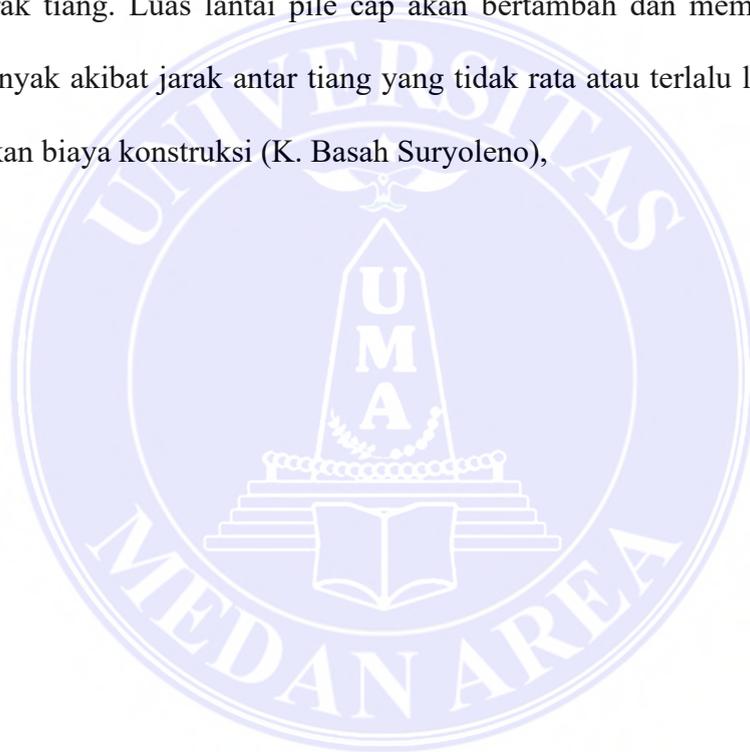
2.10.1 Jarak Tiang (s)

Jarak tiang Jarak antara tiang memiliki (s) Jarak tiang Jarak antara tiang memiliki dampak yang signifikan dalam menghitung daya dukung satu set tiang.

UNIVERSITAS MEDAN AREA *Kode bangunan lokal mengatur jarak antara tiang yang digunakan untuk satu set*

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)20/12/24

tiang.dampak yang signifikan dalam menghitung daya dukung satu set tiang. Kode bangunan lokal mengatur jarak antara tiang yang digunakan untuk satu set tiang.Secara umum, semakin kecil ukuran pile cap , secara tidak langsung, semakin murah biayanya, semakin dekat jarak antar tiang. Namun, jika pondasi memikul beban momen, maka jarak tiang pancang harus ditambah, yang memerlukan peninggian tahanan momen (K. Wet Suryololono 1994). Luas denah pilecap sangat dipengaruhi oleh susunan tiang, yang pada gilirannya bergantung pada jarak tiang. Luas lantai pile cap akan bertambah dan membutuhkan beton lebih banyak akibat jarak antar tiang yang tidak rata atau terlalu lebar, yang akan menaikkan biaya konstruksi (K. Basah Suryoleno),



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan

Lokasi : Jl.Cemara Medan Barat.

Owner : PT.Tiga Dua Dimensi

Konsultan : PT.Rg Konsultan

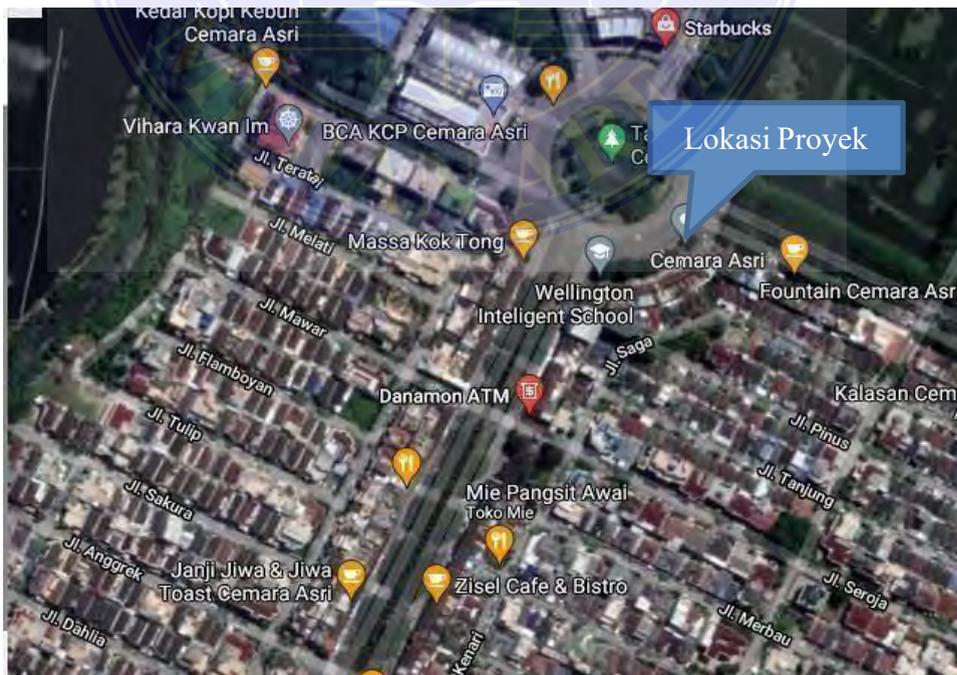
3.2 Data Teknis Proyek

Data ini diperoleh dari lapangan dengan data sebagai berikut :

1. Diameter tiang pancang = 800 mm
2. Panjang tiang pancang = 18 m (18000)
3. Mutu Beton Tiang Pancang = Fc 30

3.3 Lokasi proyek

Gambar dibawah menunjukkan lokasi proyek dalam penelitian penulis:



Gambar 9. Lokasi Proyek Living Plaza Medan (*Google Earth*, 2024)

3.4 Tahapan Penelitian

Proyek Pembangunan Living Plaza Cemara Asri Medan menjadi subjek didalam penelitian ini. Peneliti menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut untuk mendapatkan data yang relevan dengan masalah yang diteliti atau yang akan dibahas:

1. Data Primer

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi lapangan. Selain pendataan di dokumentasi lapangan, sehingga dapat diketahui kondisi sebenarnya di lapangan mengenai apa yang telah dilakukan dan kondisi daya dukung pondasi. Data sekunder berasal dari sumber selain yang pertama, kedua, atau ketiga. Penelitian kuantitatif juga merupakan pengecualian. Beberapa peneliti mengutip literatur/teks akademik, dan dokumen lainnya. Karena dokumen biasanya ditulis oleh pihak ketiga daripada informan penelitian, seperti jurnalis atau penulis skenario, data yang digunakan tidak harus dari tangan pertama. Sebuah dokumen biasanya digunakan sebagai contoh data sekunder. Harap di ingat bahwa ini tidak selalu akurat, karena tergantung pada pencarian. Jadi penulis menggunakan data SPT sebagai data primer yang di dapatkan dari pihak Proyek Pembangunan Living Plaza Cemara Asri Medan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data dokumen yang telah dianalisis secara tidak benar, seperti dalam pencarian menggunakan desain pencarian analisis pidato. Dengan kata lain, proyek penelitian harus dipertimbangkan ketika mendefinisikan data sekunder. Data atau gambar diperoleh dari kontraktor

dan organisasi lain yang terlibat dalam Proyek Pembangunan Living Plaza Cemara Asri Medan. Hasilnya, para peneliti mengumpulkan informasi sebagai berikut:

- a. Teknik perpustakaan digunakan untuk mengumpulkan informasi dan data teori yang berkaitan dengan materi pelajaran dari buku, bahan kuliah, majalah konstruksi, media internet, dan media cetak lainnya.
- b. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan data dalam penelitian ini, yang diperlukan untuk melengkapi data yang akan dianalisis. Data pondasi ini diperlukan untuk menentukan daya dukung tanah, sehingga akan berguna nantinya saat menganalisis perhitungan.

Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Metode Observasi

Data yang berhubungan dengan data teknis gedung dan pondasi diperoleh langsung dari lokasi Proyek Pembangunan Gedung Living Plaza Cemara Asri di Medan

2. Pengambilan Data

Adapun beberapa pengambilan data yang diambil meliputi:

- a. Gambar lengkap (denah, potongan, detail-detail).
- b. Denah pondasi dan detail pondasi.
- c. Data penyelidikan tanah yaitu data SPT.

3. Membaca Studi Kepustakaan

Membaca dan mengutip isi buku yang berhubungan dengan permasalahan yang ditinjau untuk melengkapi dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

3.5 Perhitungan Perencanaan *Pile Cap* (Poer)

Perhitungan perencanaan *pile cap* yang akan dibahas adalah :

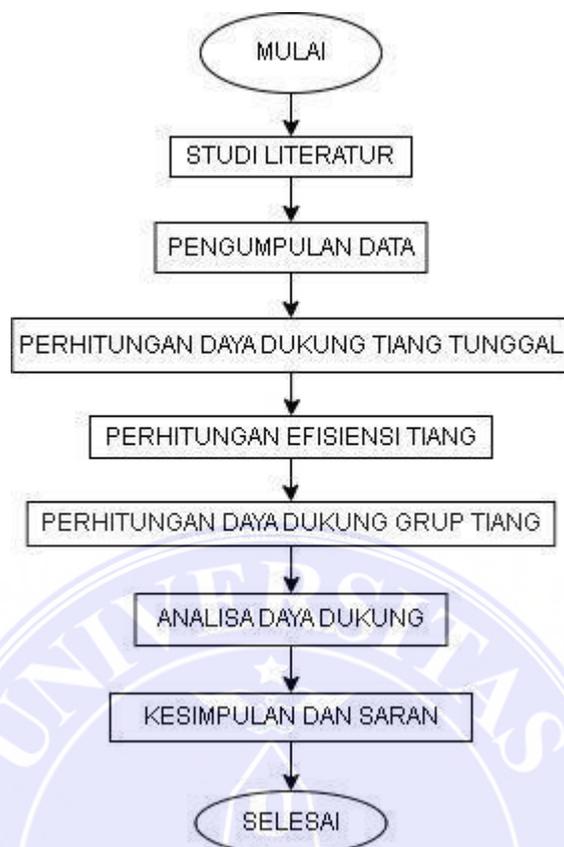
- a. Gaya-gaya yang dibutuhkan untuk konstruksi *pile cap*.
- b. Mengenai perhitungan pembebanan *pile cap*.
- c. Perencanaan *pile cap*
- d. Penulangan *pile cap*

Hal-hal yang harus dihitung dalam perencanaan *pile cap* adalah :

- a. Gaya aksial tekan.
- b. Gaya aksial Tarik
- c. Beban vertikal
- d. Gaya horizontal
- e. Dimensi *pile cap*
- f. Kuat geser satu arah *pile cap* pada kolom.
- g. Kuat geser dua arah *pile cap* pada kolom.
- h. Lebar penampang kritis
- i. Momen terfaktor pada penampang
- j. Momen nominal penampang.
- k. Berat *pile cap* pada penampang kritis.

3.6 Metode Penelitian

Berikut diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Bagan Alir Penelitian

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari perhitungan pada bab sebelumnya, telah disimpulkan hasil analisa pada Pembangunan Proyek Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan telah didapatkan hasil perhitungannya pada uraian dibawah:

Daya dukung pondasi tunggal = 183,095 Ton (Q_i)

Daya dukung pondasi kelompok = 582,242 Ton (Q_g)

Daya dukung tarik = 28.493 Ton

Penurunan = 10,349 mm

Effisiensi pondasi = 0.795

Sedangkan gaya yang terjadi yang di tinjau pada area yang paling kritis adalah

$P_u = 551,187$ Ton

Sehingga dikontrol dengan mengambil logikanya dimana penahan gaya harus lebih dominan daripada gaya yang terjadi ataupun dapat di rumuskan sebagai matematis nya adalah Q_g (582,242 Ton) > P_u (551,187 Ton). Oleh sebab itu pondasi dapat dinyatakan dikarenakan daya dukung pondasi tiang lebih besar dari pada beban-beban yang bekerja pada bagian bangunan Gedung Living Plaza Cemara Asri di Medan.

5.2 Saran

Dari hasil pengerjaan tugas akhir yang berjudul Analisa Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Proyek Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan perlu dilakukan analisis lebih lanjut seperti dilakukan analisis kapasitas daya dukung tanah untuk perencanaan pondasi jenis lainnya, seperti pondasi sumuran, pondasi tiang, dan lain sebagainya. Dikarenakan dalam melakukan

analisis diperlukan suatu insting dalam melakukan perhitungan, dimana insting

yang dimaksud adalah hasil hitungan yang kita hitung apakah sudah masuk akal dengan hasil yang biasa dari analisa yang di rencanakan orang perencana-perencana senior yang telah ada, oleh karena itu perlu di lakukan lebih lagi belajar agar ilmu yang di dapat akan semakin maju dan berkembang.



DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah Pamungkas, Erny Harianti, “Desain Pondasi Tahan Gempa” SNI 03 – 1726 – 2002, SNI 03 – 2847 – 2002.
- Civronlit Unbari, 4(2), Oktober 2019, pp.80-92 , 80-92.
- Dewi, R., Hanafiah, & Ustadi, R. (2020, Oktober). Peningkatan Daya Dukung Pondasi Pada Tanah Lempung Dengan Perkuatan Kolom Tanah. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil, Vol 9 No 2*. doi:<https://doi.org/10.35139/cantilever.v9i2.43>
- Fadilla, R. N., & Pradiptiya, A. (2022, Desember 01). Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Dievaluasi Dengan Kalendering dan PDA. *Journal Of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT), Vol 3 No 2*, 18-25.
- Hardiyatmo, H. C. 2002, Teknik Pondasi II, Edisi keempat, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. .
- Hardiyatmo, H. C. 2015, Analisis dan Perancangan Pondasi II, Edisi Ketiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ir. Sardjono Hs, “Pondasi Tiang Pancang” (Jilid 1)
- Ir. Suyono Sosrodarso Foundation Nakazawa, Ir.L. Taulu dkk., Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi
- Jusi, U. (2015, Oktober). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standart Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus, Vol 1, No. 2*, 51.
- Mikael, W. (2019, Oktober). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tiang Tunggal Pada Proyek Rumah Sakit Internasional Surabaya. *Teknosiar, Vol 13 No 2*. doi:[10.37478/teknosiar.v13i2.248](https://doi.org/10.37478/teknosiar.v13i2.248)
- Moesdarjono Soetedjo, “Teknik Pondasi Pada Lapisan Batuan”
- M. Das Braja, 2011, Editorial. Traducido del libro Principles of Foundation, Cengage Learning, Meksiko.
- Sardjono, H.S, 1988, Pondasi Tiang Pancang, jilid 1, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Sardjono, H.S, 1988, Pondasi Tiang Pancang, jilid 2, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya

Sarifah, J., Pasaribu, B., & Hariri, T. (2023, Juni). Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Pada Proyek Perencanaan Teknis Manajemen Persampahan di Kabupaten Padang Lawas Utara Provinsi Sumatera Utara (Studi Kasus). *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, Vol 2 No 1, 96.

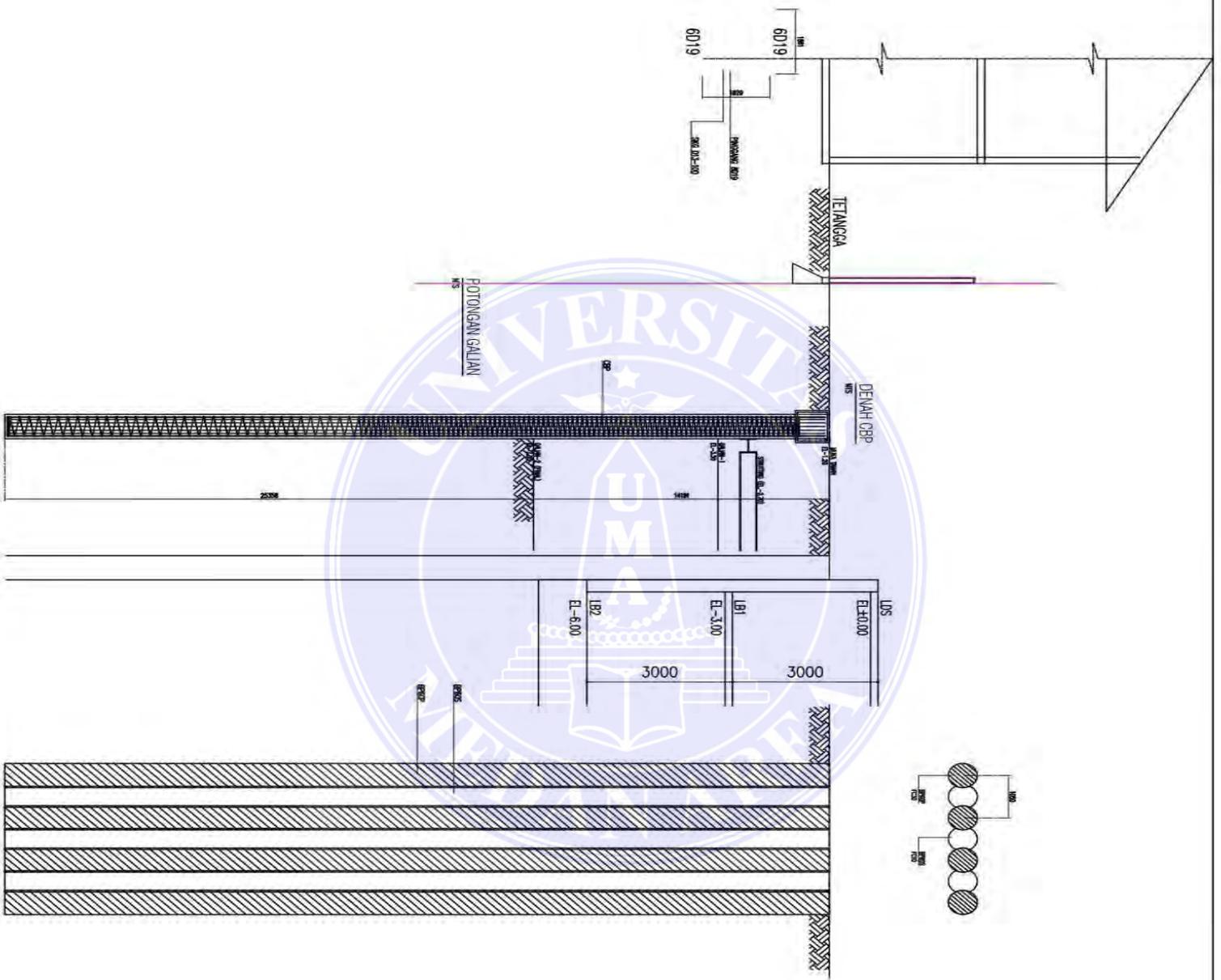
Sekaki Pekanbaru. Buletin Utama Teknik Vol. 14, No. 1, September 2018 , 14, 41-47.

Setiyo, D.dkk. (2019). Analisa Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Tiang Pancang pada Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi. *Journal*

Sutarso, A., & Jalil, A. (2023). Analisis Daya Dukung Pondasi Terhadap Penambahan Lantai Dengan Struktur Atap Plat Beton Gedung Rumah Sakit Unimus. *Jurnal Ilmiah Multidisplin Indonesia*, Jil. 3 No.2. doi:<https://doi.org/10.53866/jimi.v3i2.235>

Suyono Sosrodarsono, Ir. Kazuto Nakazawa, 1998, Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Pradnya Paramita, Jakarta.

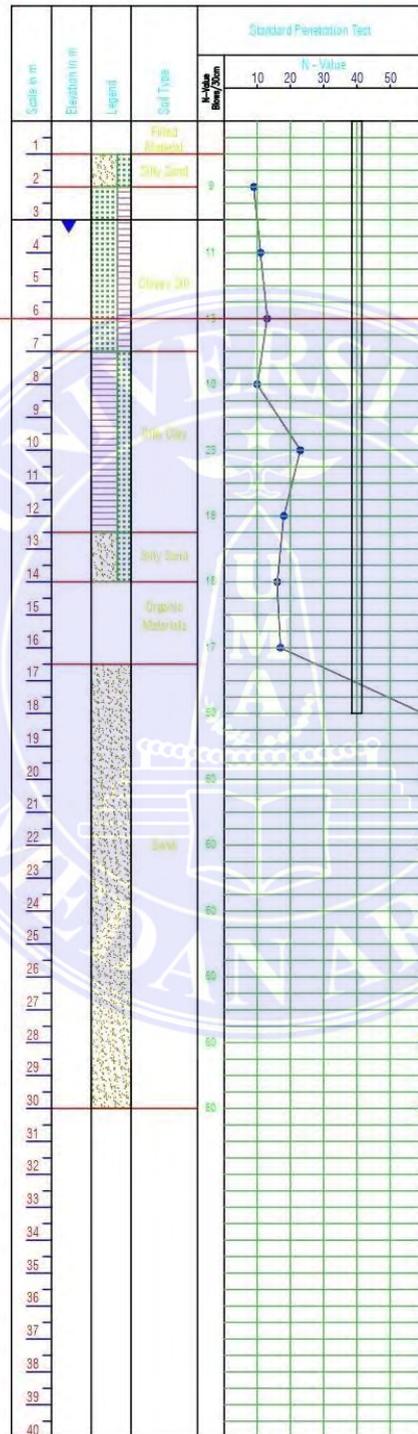
Tanjung, D. (2018). Pengaruh Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gis (*Gas Insulated Switch Gear*) Di Kecamatan Payung



CONSULTANT ARCHITECTS	
PT. MAJALAKSA	
R/C CONSULTANT	
STRUCTURAL ENGINEERS	
K. KARYA MAJALAKSA	
MECHANICAL ENGINEERS	
ELECTRICAL ENGINEERS	
OWNER	
PT. MGA DUA DELAPAN	
ISSUE / REVISION	NO / DATE
01	15/02/19 FOR INFORMATION (TENDU)
02	08/02/19 FOR INFORMATION
03	09/09/20 FOR INFORMATION
PROJECT NO.	
DRAWING TITLE	
living plaza	
MEDAN	
PI & PIA FLOOR PLAN	
DATE	SCALE
08/09/20	A2.3
NO	STATUS
01	FINAL

Boring No. : BH2

MEDAN



Boring No. : BH1 MEDAN

