

**EVALUASI DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG
PANCANG MENGGUNAKANAN PDA TEST PADA
PEMBANGUNAN PABRIK SUKANDA DJAYA DI MEDAN**

SKRIPSI

OLEH :

NICO ISKANDAR UJUNG

208110018



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/4/26

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

Access From (repository.uma.ac.id)30/4/26

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang
Menggunakan Pda Test Pada Pembangunan Pabrik
Sukanda Djaya Di Medan
Nama : Nico Iskandar Ujung
Npm : 208110018
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing

Hermansyah, S.T., M.T
Pembimbing

Suprianto, S.T., MT
Dekan

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

Tanggal Lulus : 14 Maret 2025

HALAMAN PERNYATAAN

HALAMAN PERNYATAAN

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

Medan, 14 Maret 2025



Nico Iskandar Ujung
208110018

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Nico Iskandar Ujung
NPM : 208110018
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free-Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang Menggunakan Pda Test Pada Pembangunan Pabrik Sukanda Djaya Di Medan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Non-eksklusif 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 : 14 Maret 2025
Yang menyatakan



(Nico Iskandar Ujung)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Kempawa, Kec. Tanah Pinem, Kab. Dairi, pada tanggal 03 Juni 1999 dari Ayah C. Ujung dan Ibu T.Br Sembiring. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD N 035939 Kempawa , Kec. Tanah Pinem , Kab. Dairi pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP S Maria Goretti , Kec. Kaban Jahe , Kab. Tanah Karo dan lulus pada tahun 2016, yang kemudian melanjutkan pendidikan di SMK S Teladan Sumatra Utara²,Kec.Helvetia , Kota.Medan dan lulus pada tahun 2019. Penulis melanjutkan pendidikan kuliah Strata Satu (S-1) di salah satu universitas swasta yang berada di Medan, Sumatera Utara yaitu Universitas Medan Area dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Praktek kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan Apartemen princetoon Medan di Jln. Gagak Hitam Medan Sunggal, Sumatera Utara. dan melakukan penelitian di pembangan Pabrik Sukanda Djaya di Medan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena anugerah dan kemurahan-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Judul yang diangkat dalam skripsi yaitu “Evaluasi Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang Mnenggunakan Pda Test Pada Pembangunan Pabrik Sukanda Djaya di Medan “ Ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan guna mencapai gelar sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Untuk itu saya mengucapkan rasa terimakasih kepada Bapak Dekan Falkutas Teknik Dr. Eng Suprianto,ST.,M.T, dan Ibu Tika Ermita Wulandari S.T, M.T. Sebagai Ka.Prodi Teknik Sipil. Bapak Hermansyah ,S.T., M.T Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan kritik dan saran. Sekaligus juga mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh Dosen dan Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area yang memberikan ilmu dan pengetahuan selama Penulis menjalani jenjang pendidikan. Kedua orang tua Penulis, Bapak Cahaya Ujung dan Ibu Tekang Br Sembiring , untu beliau berdualah skripsi ini penulis persembahkan. Terimakasih atas segala kasih sayang yang diberikan dalam membesarkan dan membimbing penulis selama ini sehingga penulis dapat terus berjuang dalam meraih mimpi dan cita-cita. Kakak dan Adik saya, atas segala dukungan dan semangat yang telah kalian berikan selama ini. Terima kasih telah selalu ada untukku. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya

Medan, 14 Maret 2025



Nico Iskandar Ujung

ABSTRAK

Dalam proses pembangunan pabrik Sukanda Djaya di Medan, penggunaan tiang pancang menjadi sangat penting karena tanah di lokasi tersebut cenderung memiliki daya dukung yang bervariasi, sehingga diperlukan evaluasi yang tepat terhadap daya dukung dan penurunan tiang pancang. Mengevaluasi daya dukung tiang pancang pada pembangunan Pabrik Sukanda Djaya di Medan menggunakan metode PDA Test. Perhitungan pembebanan struktur atas didapat dari data proyek, kemudian menganalisa serta membandingkan daya dukung pondasi dengan metode Schmertmann – Nottingham, metode Aoki & De Alencar, hasil PDA Test, dan hasil aplikasi Allpile. Hasil perhitungan struktur atas sebesar 1431,933 kN. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dari data sondir dengan kedalaman 11 m dan sisi tiang 0,3 x 0,3 m menggunakan metode Schmertmann – Nottingham dan metode Aoki & De Alencar diperoleh nilai Q_u 101,06 Ton untuk Schmertmann – Nottingham, sedangkan metode Aoki & De Alencar Q_u 84,357 Ton. Dilihat dari kedua hasil daya dukung kelompok, $Q_g > P$. Besar penurunan metode Vesic untuk tiang tunggal sebesar 0,00538 m, tiang grup sebesar 0,0155 m dan S_{izin} sebesar 0,03. Jadi penurunan dikatakan Aman karena $S < S_{izin}$.

Kata kunci : Daya Dukung, PDA Test, Tiang Pancang

ABSTRACT

ABSTRACT

In the construction process of the Sukanda Djaya factory in Medan, the use of piles is very important because the soil at the site tends to have varying bearing capacities, so proper evaluation of pile bearing capacity and settlement is required. This research evaluated the pile bearing capacity in the Sukanda Djaya Factory construction in Medan using the PDA Test method. The superstructure load calculation was obtained from project data, then the bearing capacity of the foundation was analyzed and compared using the Schmertmann-Nottingham method, the Aoki & De Alencar method, PDA Test results, and Allpile application results. The superstructure load calculation result was 1431.933 kN. The bearing capacity of pile foundations based on sounding data with a depth of 11 m and pile dimensions of 0.3 x 0.3 m, using the Schmertmann-Nottingham and Aoki & De Alencar methods, obtained a Q_u value of 101.06 tons for Schmertmann-Nottingham, while the Aoki & De Alencar method gave Q_u of 84.357 tons. Based on both group bearing capacity results, $Q_g > P$. The settlement value using Vesic's method was 0.00538 m for single piles, 0.0155 m for group piles, and the allowable settlement (S_{izin}) was 0.03. Thus, the settlement was considered safe because $S < S_{izin}$.

Keywords: Bearing Capacity, PDA Test, Pile Foundation



DAFTAR ISI

EVALUASI DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGUNAKAN PDA TEST PADA PEMBANGUNAN PABRIK SUKANDADJAYA DIMEDAN.....	1
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Maksud dan Tujuan.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Manfaat Penelitian	3
2.2. Penelitian Terdahulu.....	3
2.3. Jenis-Jenis Fondasi	5
2.3.1. Pondasi dangkal.....	5
2.3.2. Pondasi Dalam.....	6
2.4. Pondasi Tiang Pancang (Pile Foundation)	9
2.5. Pemancangan Tiang Pancang Sistem Hidrolik (<i>Hydraulic Jack In</i>).....	11
2.6. PDA (Pile Driving Analyzer).....	12
2.7. Kapasitas Daya Dukung Pondasi	19
2.7.1. Pondasi Metode Aoki & De Alencar.....	19
2.8.1. Prosedur Perencanaan Pondasi Tiang.....	21
2.8.2. Kelompok Tiang Pancang	22
2.8.3. Jarak Antar Kelompok Tiang.....	22
2.8.4. Metode Pembebanan Quick Maintained Load Test Method (QM Test) ..	23
2.8.5. Pengujian PDA Test.....	24
2.8. Defenisi tanah.....	25

2.10	Karakteristik Tanah	26
2.11	Klasifikasi Tanah	26
2.12	Klasifikasi Tanah Dengan <i>Cone Penetration Test</i> / Sondir CPT	27
2.13.1	Parameter Tanah	29
2.13.2	Penyelidikan tanah	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		39
3.1.	Deskripsi penelitian.....	39
3.2.	Lokasi Penelitian.....	39
3.3.	Metode Pengumpulan Data	40
3.4.	Tahapan Penelitian	41
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1.	Data Tanah	43
4.1.2.	Data Tiang Pondasi	44
4.1.1.	Data Sondir	46
4.2.	Perhitungan Daya Dukung Metode <i>Schmertmann – Nottingham</i>	47
4.2.1	Daya Dukung Aksial Ultimat Tiang(R_u)	48
4.2.1.	Daya Dukung Ujung Tiang(Q_p)	50
4.2.2.	Daya Dukung Selimut Tiang	50
4.3.	Perhitungan Daya Dukung Metode Aoki & De Alencar	53
4.3.1.	Daya Dukung Ujung Pondasi (Q_p).....	54
4.3.2.	Daya Dukung Selimut Pondasi (Q_s).....	55
4.3.3.	Daya Dukung Ultimat Tiang (Q_u).....	56
4.3.4.	Daya Dukung Izin Pondasi	56
4.3.5.	Daya Dukung Kelompok Tiang	56
4.4.	Penyebaran Tiang Pancang Metode Aoki & De Alencar.....	57
4.5.	Daya Dukung Lateral Tiang Pancang.....	58
4.5.1.	Daya Dukung Lateral Tiang Pancang Tunggal.....	58
4.5.2.	Daya Dukung Lateral Tiang Pancang Kelompok	59
4.6.	Penurunan Pondasi Tiang Pancang.....	60
4.7.	Analisa Daya Dukung Tiang Pancang dari hasil tes PDA.....	62
4.8.	Pembahasan.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2.	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
DAFTAR LAMPIRAN		69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Koefisien Tanah PDA Report For Piles.....	14
Tabel 2. Kode dan Keterangan Pada alat PDA ASTM D-4945-1996	16
Tabel 3. Faktor Keamanan Global – Desain Tegangan Yang Diijinkan (Australia)	18
tabel 4. Faktor Empirik Fb dan Fs.....	21
Tabel 5. Faktor Empirik Berdasarkan Tipe Tanah Yang Berbedah.....	21
Tabel 6. Pelapisan Tanah.....	26
Tabel 7. Klasifikasi Tanah dengan Data Sondir (rendy,2018).....	28
Tabel 9. Korelasi hasil CPT-SPT berdasarkan jenis tanah.....	33
Tabel 10. Nilai Perkiraan Permeabilitas	35
Tabel 11. Persamaan permeabilitas tanah.....	35
Tabel 12. Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson’s Ratio	35
Tabel 13. data sondir 1(Data Lapangan).....	44
Tabel 14. Sondir 2 (Data Lapangan)	44
Tabel 15. Data PDA P1 Kedalaman 1 m – 16 m (Data proyek 2024	46
Tabel 16. Perhitungan QS.....	51
Tabel 17. Perletakan 1,5D Atas dan Bawah Ujung Tiang Kedalaman 13 m	53
Tabel 18. Data tiang uji	63
Tabel 19. Hasil Pengujian berdasarkan ‘Case Method’ PDA Test Sumber	63
Tabel 20. Hasil perhitungan daya dukung ultimit metode PDA Test.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pondasi <i>Bore Pile</i> (Rahmatika 2022).....	7
Gambar 2 <i>Pile Driving Analyzer</i> (ASTM D-4945-1996.....	12
Gambar 3. Rencana Pemasangan PDA Test (<i>ASTM D-4945-1996</i>)	15
Gambar 4. Monitor alat PDA (ASTM D-4945-1996).....	16
Gambar 5. Proses pelaksanaan <i>PDA Test ASTM D-4945-1996</i>	17
Gambar 6. Zona pada tipe tanah qc/Pa-Fr (Robertson, 1990).....	32
Gambar 7. Grafik volume tanah menggunakan data CPT berat.....	34
Gambar 8.Lokasi proyek (Sumber : Google Map).....	40
Gambar 9.Kerangka berpikir.....	42
Gambar 10.Denah pondasi (data lapangan).....	45
Gambar 11.Hasil Faktor Reduksi.....	61
Gambar 12. Grafik hasil PDA <i>Test (lapangan 2024)</i>	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampirn 1	69
Lampiran 2... ..	70
Lampiran 3... ..	71

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur yang melibatkan konstruksi skala besar seperti pabrik memerlukan pondasi yang kuat untuk menahan beban bangunan dan berbagai elemen struktural lainnya. Salah satu jenis pondasi yang sering digunakan pada pembangunan proyek skala besar adalah pondasi tiang pancang. Dalam proses pembangunan pabrik Sukanda Djaya di Medan, penggunaan tiang pancang menjadi sangat penting karena tanah di lokasi tersebut cenderung memiliki daya dukung yang bervariasi, sehingga diperlukan evaluasi yang tepat terhadap daya dukung dan penurunan tiang pancang.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk evaluasi daya dukung tiang pancang **PDA Test (Pile Driving Analyzer Test)**. Pile Driving Analyzer (PDA) adalah suatu sistem pengujian dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari strain transducer dan accelerometer untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu dengan berat tertentu. Hasil dari pengujian PDA terdiri dari kapasitas tiang, penurunan, energi palu, dan lain – lain.

Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan palu. Metode lain yang dapat digunakan untuk menahan tumbukan adalah dengan menggunakan *cushion*, merendahkan tinggi jatuh palu dan menggunakan palu yang lebih berat. Melihat permasalahan di atas, maka dibutuhkan PDA test, sehingga dapat memberikan informasi awal mengenai kondisi tanah dan daya dukung tanah. Dengan adanya data hasil PDA test tersebut dapat membantu dalam proses pembangunan bangunan yang aman dan nyaman.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap daya dukung dan penurunan tiang pancang pada proyek pembangunan Pabrik Sukanda Djaya di Medan menggunakan PDA Test.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil evaluasi daya dukung penurunan tiang pancang pada pembangunan pabrik Sukanda Djaya di Medan menggunakan PDA Test?
2. Seberapa besar penurunan yang terjadi pada tiang pancang setelah dilakukan pengujian dengan PDA Test?

1.3. Batasan Masalah

Sesuai judul yang diambil,yaitu “Evaluasi Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Tiang Pancang Menggunakan PDA Test pada pembangunan Pabrik (Sukanda Djaya diMedan)” maka skripsi ini membahas tentang evaluasi dan penurunan tiang pancang ,supaya dapat terhindar dari penyimpangan penelitian data yang terlalu jauh agar pembahasan skripsi ini sesuai dengan kelengkapan data.

1.4. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penelitian adalah untuk mengevaluasi daya dukung dan penurunan tiang pancang menggunakan PDA Test pada pembangunan pabrik Sukanda Djaya Medan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :
Mengevaluasi daya dukung tiang pancang pada pembangunan Pabrik Sukanda Djaya di Medan menggunakan metode PDA Test.

1.5. Manfaat Penelitian

- 1 Memberikan informasi dan memperluas pengetahuan bagi peneliti dan pembaca
2. Menambah wawasan bagi peneliti dan praktisi geoteknik mengenai evaluasi tiang pancang menggunakan PDA Test.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manfaat Penelitian

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil. Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi. Salah satu jenis pondasi bangunan adalah pondasi tiang pancang (*pile*). Fungsi tiang ini sebagai penahan dan penyalur beban dari struktur atas ke tanah dalam yang dijadikan landasan. (Digital Library Universitas Lampung, 2014).

Peranan pondasi sangat penting dikarenakan berfungsi untuk meneruskan beban struktur atasnya ke lapisan tanah paling bawah yang kekuatan tanah mampu memikul beban struktur bangunan tersebut (BAENE, 2023)

2.2. Penelitian Terdahulu

Penulis memanfaatkan penelitian terdahulu sebagai sumber dalam melakukan penelitian untuk menyempurnakan teori dalam mengevaluasi penelitian yang dilakukan. Penelitian sebelumnya sangat penting untuk digunakan sebagai panduan untuk penelitian masa depan karena penelitian semacam ini telah dilakukan sebelumnya penelitian terdahulu sebagai sumber dalam melakukan penelitian untuk menyempurnakan teori dalam mengevaluasi penelitian yang dilakukan. Penelitian sebelumnya sangat penting untuk digunakan sebagai panduan untuk penelitian masa depan karena penelitian semacam ini telah dilakukan

sebelumnya. Beberapa investigasi sebelumnya menjadi dasar untuk investigasi ini.

1. Mahfud dan Masrul Huda (2015) mengevaluasi dan membandingkan daya dukung tiang tunggal dan menentukan daya dukung sekelompok tiang yang paling efisien dengan menggunakan data sondir dan Standar Uji Penetrasi (SPT). Teknik pengumpulan data meliputi hal-hal seperti observasi, mengumpulkan informasi untuk proyek, dan membaca literatur akademik. Daya dukung tiang tunggal ditentukan dengan menggunakan data sondir yang diambil dengan menggunakan metode *Aoki De Alancer* dan data SPT yang dikumpulkan dengan menggunakan metode *Mayerhoff*. Menggunakan data sondir dengan metodologi *Aoki de Alancer* dan data SPT dengan metode *Mayerhoff*, daya dukung maksimum tiang tunggal ditentukan. Hasilnya masing-masing mencapai 19.965 ton, 131.644 ton, dan 20.215 ton, 12.302 ton.
2. Penelitian Rencana Pembangunan Kompleks Pendidikan Islam Al Azhar 57 Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Danipra Setiyo, Suhendra, dan M. Nuklirullah Jambi selesai tahun 2019. Dengan bantuan data sondir, hasil uji SPT, dan uji laboratorium temuan, penelitian ini termasuk studi perencanaan untuk menghitung penurunan tiang tunggal dengan variasi dan memastikan daya dukung pondasi. Berdasarkan penelitian terencana daya dukung tiang pada enam lokasi sondir yang dievaluasi pada kedalaman 10 meter, daya dukung tiang tunggal terendah pada titik S 06 dengan metode *Aoki dan De Alencar* adalah Qu. periksa daya dukung setiap tumpukan, lalu bandingkan untuk menentukan mana yang paling banyak.
3. Tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya

dukung cukup untuk memikul berat bangunan dan bebanya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebanya letaknya sangat dalam(Ir. Sardjono HS.2021)

2.3. Jenis-Jenis Fondasi

peranan pondasi sangat penting dikarenakan berfungsi untuk meneruskan beban struktur atasnya ke lapisan tanah paling bawah yang kekuatan tanah mampu memikul beban struktur bangunan tersebut(BAENE, 2023)

Titik terendah bangunan, pondasi, mendistribusikan beban dari puncak struktur ke tanah. Jenis pondasi berdasarkan bentuk dan kedalamannya. Jenis pondasi dibagi menjadi:

2.3.1. Pondasi dangkal

Jenis bangunan menentukan pondasi dangkal mana yang digunakan, antara lain:

1. Pondasi Telapak (*spread footing*)

Pijakan yang terletak di bawah kolom adalah struktur beton bertulang yang berbentuk seperti pijakan. Untuk memastikan bahwa persyaratan struktural bangunan bertingkat dapat dipenuhi, pondasi semacam ini juga digunakan pada struktur tersebut.

2. Pondasi Memanjang (*continuous footing*)

Dapat berbentuk persegi panjang atau trapesium, digunakan untuk menopang berat bangunan yang memanjang. Contoh pondasi telapak tangan adalah sebagai berikut yang di tinjukkan pada g

3. Pondasi rakit

Untuk mentransfer beban struktural ke tanah atau batu terdekat, pondasi rakit

beton digunakan di dasar struktur.

2.3.2. Pondasi Dalam

Berat struktur dan keadaan permukaan tanah berdampak pada daya dukung pondasi ketika bangunan dibangun di atas tanah yang berada di bawah kedalaman tertentu. Pondasi yang dalam terkadang dibangun lebih dari 3 meter di bawah permukaan bumi. banyak desain pondasi dalam:

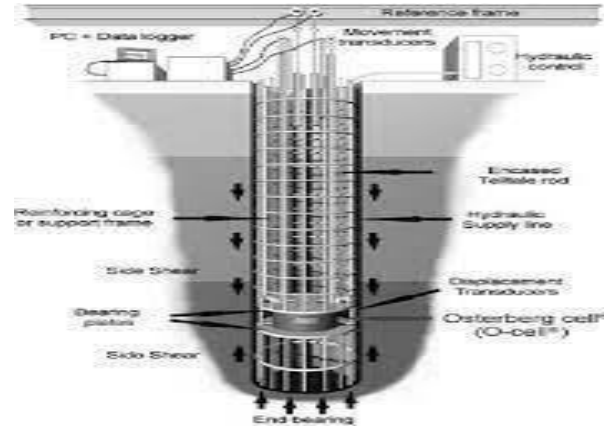
a. Pondasi Sumuran (*pier foundation*)

Di antara pondasi tiang pancang dan pondasi dangkal, pondasi sumur merupakan jenis pondasi antara. Lapisan tanah keras ditemukan pada kedalaman lebih dari 3 meter, dan pondasi sumur dibangun di atas tanah yang tidak subur.

Contoh pondasi sumuran:

b. Pondasi *Bore Pile*

Kedalaman tertentu di bawah permukaan bumi dicapai dengan menggunakan bentuk pondasi dalam yang disebut pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor pada dasarnya berfungsi sebagai pondasi tapak bangunan. Kelebihan dari foundation ini adalah dapat menopang beban yang lebih berat dibandingkan dengan jenis foundation lainnya. Pilar pondasi yang baik untuk mencegah tumpukan bergeser ke samping adalah tiang bor, terutama jika proyek konstruksi terletak di tanah liat atau tanah basah. Selain itu, saat pembangunan dimulai, kerangka akan mengurangi visibilitas gelombang di tanah. Ini adalah contoh pondasi tiang bore:



Gambar 1 Pondasi *Bore Pile* (Rahmatika 2022)

Pondasi tiang bor mempunyai karakteristik khusus karena cara pelaksanaannya yang dapat mengakibatkan perbedaannya di bawah pembebanan dibandingkan dengan tiang pancang. Hal-hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut diantaranya:

- 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 dicor dalam keadaan basah dan mengalami masa curing di bawah tanah.
- c) Kadang-kadang digunakan casing untuk kestabilan dinding lubang bor dan dapat pula casing tersebut tidak dicabut karena kesulitan lapangan.
- d) Kadang-kadang digunakan slurry untuk kestabilan lubang bor yang dapat membentuk lapisan lumpur pada dinding galian yang mempengaruhi mekanisme gesekan tiang dengan tanah.

Cara penggalian lubang bor disesuaikan dengan kondisi tanah . Keuntungan dalam pemakaian tiang bor dibandingkan dengan tiang pancang adalah:

- a. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang

- membahayakan bangunan sekitarnya.
- b. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (pile cap). Kolom dapat secara langsung di letakkan di puncak tiang bor.
 - c. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
 - d. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
 - e. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
 - f. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
 - g. Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.
 - h. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Sedangkan kerugian menggunakan pondasi bore pile yaitu:

- a. Pengecoran tiang bor dipengaruhi kondisi cuaca.
- b. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
- c. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan tiang bor mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam.
- d. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.

Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang (Hardiyatmo, 2015:398).

Sebagai konsekuensi dari keandalan yang ditawarkan oleh pondasi tiang bor,

perhatian yang lebih besar harus dicurahkan pada detail pelaksanaannya dan pengaruh yang potensial terhadap perilaku serta biayanya. Hal ini dapat menuntut investasi lanjut misalnya untuk memperoleh data penyelidikan tanah yang lebih akurat dan engineer yang berpengalaman untuk pekerjaan inspeksi (Rahardjo, 2000). Pancang Pondasi tiang pancang digunakan sebagai pondasi bangunan apabila tanah di bawah dasar bangunan tidak dapat menahan beban struktur dan beban kerja terletak pada lapisan permukaan tanah yang paling dalam, yaitu pada kedalaman lebih dari 8 meter.

2.4. Pondasi Tiang Pancang (Pile Foundation)

Pondasi tiang pancang adalah suatu struktur pondasi berbentuk tiang yang penempatannya pada lapisan tanah pendukung. Sistem kerja pondasi jenis ini dikaitkan dengan kapasitas dukung tanah, didasarkan pada kapasitas dukung ujung tiang maupun lekatan tanah pada keliling permukaan tiang pancang (*Sardjono, 1988*).

Pondasi tiang pancang ini biasanya digunakan dalam pembangunan ruko dan perumahan, namun ada juga digunakan untuk pondasi tangki timbun. Pondasi tiang pancang ini memiliki berbagai cara, tergantung pada penggunaan alat yang dipakai. Pemasangan pondasi tiang pancang ini dapat menggunakan hammer dan alat jacking pile. Setiap alat yang di gunakan dalam proses pemasangan ini memiliki cara dan keunggulan tersendiri (*Leni Lita, 2018*).

Menurut *Christoffoer Polhem (1740)* menemukan peralatan pile driving yang mana menyerupai mekanisme Pile driving saat ini. Tiang baja (*steel pile*) sudah digunakan selama 1800 dan tiang beton (*concrete pile*) sejak 1900. Revolusi industri membawa perubahan yang penting pada sistem pile driving melalui

penemuan mesin uap dan mesin diesel. Lebih lagi baru-baru ini, meningkatnya permintaan akan rumah dan konstruksi memaksa para pengembang memanfaatkan tanah-tanah yang mempunyai karakteristik yang kurang bagus. Hal ini membuat pengembangan dan peningkatan sistem pile driving. Saat ini banyak teknik-teknik instalansi tiang pancang bermunculan. Seperti tipe pondasi yang lainnya, tujuan dari pondasi tiang adalah:

- a. Untuk menyalurkan beban pondasi ke tanah keras.
- b. Untuk menahan beban vertikal, lateral, dan beban uplift.

Struktur yang menggunakan pondasi tiang pancang apabila tanah dasar tidak mempunyai kapasitas daya pikul yang memadai. Kalau hasil pemeriksaan tanah menunjukkan bahwa tanah dangkal tidak stabil dan kurang keras apabila besarnya hasil estimasi penurunan tidak dapat diterima pondasi tiang pancang dapat menjadi bahan pertimbangan. Lebih jauh lagi, estimasi biaya dapat menjadi indikator bahwa pondasi tiang pancang biayanya lebih murah daripada jenis pondasi yang lain dibandingkan dengan biaya perbaikan tanah. Dalam kasus konstruksi berat, sepertinya bahwa kapasitas daya pikul dari tanah dangkal tidak akan memuaskan, dan konstruksi seharusnya di bangun di atas pondasi tiang. Tiang pancang juga digunakan untuk kondisi tanah yang normal untuk menahan beban horizontal. Tiang pancang merupakan metode yang tepat untuk pekerjaan diatas air, seperti jetty atau dermaga. Adapun salah satu pengujian pada pekerjaan pondasi tiang (pancang maupun bor) adalah dengan melaksanakan PDA Test dan hasil PDA di analisis lebih lanjut dengan *CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program)*, yaitu program aplikasi analisis numerik yang menggunakan masukan data gaya (*force*) dan kecepatan (*velocity*) yang diukur oleh PDA, juga menghasilkan distribusi daya

dukung tanah sepanjang tiang dan simulasi pembebanan statik. (*Christoffoer Polhem, 1740*).

Tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebanya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebanya letaknya sangat dalam (Ir. Sardjono HS., 2021)

2.5. Pemancangan Tiang Pancang Sistem Hidrolik (*Hydraulic Jack In*)

Hidrolik Sistem adalah suatu metode pemancangan pondasi tiang dengan menggunakan mekanisme hydraulic jacking foundation system, dimana sistem ini telah mendapatkan hak paten dari *United States, United Kingdom, China dan New Zealand (Peurifor et al, 2006)*.

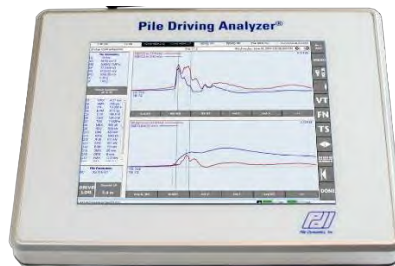
Sistem ini terdiri dari suatu hydraulic ram yang ditempatkan paralel dengan tiang yang akan dipancang, dimana untuk menekan tiang tersebut ditempatkan sebuah mekanisme berupa plat penekan yang berada pada puncak tiang dan juga ditempatkan sebuah mekanisme pemegang (grip) tiang, kemudian tiang ditekan ke dalam tanah. Dengan sistem ini tiang akan tertekan secara kontiniu ke dalam tanah, tanpa suara, tanpa pukulan dan tanpa getaran (*Chow and Tan, 2010*).

Penempatan sistem penekan *hydraulic* yang menyawa dan menjepit pada dua sisi tiang menyebabkan didapatkannya posisi titik pancang yang cukup presisi dan akurat. Ukuran diameter piston mesin *hydraulic jack* tergantung dengan besar kapasitas daya dukung mesin tersebut. Sebagai pembebanan, ditempatkan balok –

balok beton atau plat – plat besi pada dua sisi bantalan alat yang pembebanannya disesuaikan dengan muatan yang dibutuhkan tiang (Chan, 2006; Jackson, 2008).

2.6. PDA (Pile Driving Analyzer)

Dalam metode ASTM D-4945-1996, PDA test ini dilakukan guna untuk mengetahui daya dukung axial tiang. Dari perhitungan, beberapa variabel uji dapat diukur seperti tekanan ultimate bearing, penggabungan tiang, beban maksimum pada tiang uji.



Gambar 2 Pile Driving Analyzer (ASTM D-4945-1996)

PDA Test pelaksanaannya mengacu pada *ASTM D-4945 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations)* : *"This test method is used to provide data on strain or force and acceleration, velocity or displacement of a pile under impact force. The data are used to estimate the bearing capacity and the integrity of the pile, as well as hammer performance, pile stresses, and soil dynamic characteristics, such as soil damping coefficients and quake values. This test method is not intended to replace Test Method D 1143."*

Analisis data PDA dilakukan dengan prosedur *Case Method*, yang meliputi pengukuran data kecepatan (*velocity*) dan gaya (*force*) selama pelaksanaan pengujian (*re-strike*) dan perhitungan variabel dinamik secara real time untuk mendapatkan gambaran tentang daya dukung pondasi tiang tunggal (ASTM D-4945-1996).

Dari PDA Test dengan menggunakan "*Case Method*" kita akan dapat mengetahui :

- a. Kapasitas daya dukung tiang.
- b. Nilai keutuhan tiang.
- c. Penurunan (displacement) tiang.
- d. Efisiensi dari transfer energy pukulan palu (hammer) terhadap tiang

Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan palu (hammer) atau umur tiang telah mencapai 28 hari ASTM D-4945-1996).

1. CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*)

Analisis lanjutan yang dilakukan bersama dengan pengujian PDA adalah analisis CAPWAP yang merupakan salah satu metode signal matching analysis (SMA). Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA untuk memberikan hasil analisis yang lebih detail (ASTM D-4945-1996). Dari analisis CAPWAP kita akan mengetahui lebih rinci data yang diperoleh dari pengujian PDA Test, dengan tambahan informasi :

- a. Tahanan ujung pondasi tiang tunggal
- b. Tahanan friksi pondasi tiang tunggal
- c. Simulasi statik loading test

2. *Meyerhoff (1956)*

Daya dukung tiang berdasarkan data *SPT*, dapat dihitung berdasarkan *Meyerhoff*.

$$Q_p = C \cdot N \cdot A_p \text{ syarat } C \geq 40 \text{ jika tidak memenuhi pakai } 40 \dots\dots\dots (1.1)$$

$$C = 0,4 \frac{L}{D}$$

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad f_s = 0,204 \times N \text{ 'atau' } \dots\dots\dots (1.2)$$

$$Q_s = \frac{N' \cdot A_s}{10} \dots\dots\dots (1.3)$$

$$A_s = D \cdot \pi \cdot L \dots\dots\dots (1.4)$$

$$N' = \frac{N_o \cdot N^4}{n} \dots\dots\dots (1.5)$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (1.6)$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{3} \dots\dots\dots (1.7)$$

Dimana :

- Qp = Daya dukung ujung tiang
- Ap = Luas dasar pile
- D = Diameter pile
- Qs = Daya dukung ultimate akibat gesekan disepanjang tiang
- As = Luas permukaan tiang pancang
- L = Kedalaman penyelidikan di lapangan
- Qu = Daya dukung ultimate
- Qa = Daya dukung ijin
- N = Nilai SPT
- C = Koefisien tanah
- K = Koefisien tanah
- Fs = Skin fractional stress
- N' = Nilai rata – rata N SPT sepanjang batang

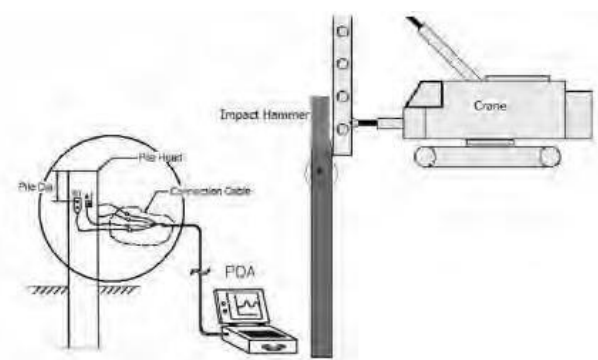
Dengan C = koefisien tanah, dapat dilihat dari tabel di bawah :

Tabel 1. Koefisien Tanah PDA Report For Piles

Jenis Tanah	K (t/m ²)
-------------	-----------------------

Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40

3. Bagan Pemasangan Instrumen



Gambar 3. Rencana Pemasangan PDA Test (*ASTM D-4945-1996*)

Yang di perhatikan pada waktu pemasangan *instrument strain transducer* dan *accelerometer* (minimal masing – masing 2 buah) adalah posisinya harus sedemikian rupa sehingga pengaruh lentur (kelentingan) tiang dapat di minimalkan (*ASTM D-4945-1996*).

Karena jika terjadi lenturan (*bending*) selama pelaksanaan *re-strike*, maka data yang diperoleh akan mengalami distorsi sehingga analisis yang dilakukan tidak akan akurat.

4. Data Pemancangan Yang Diberikan Kepada Penguji

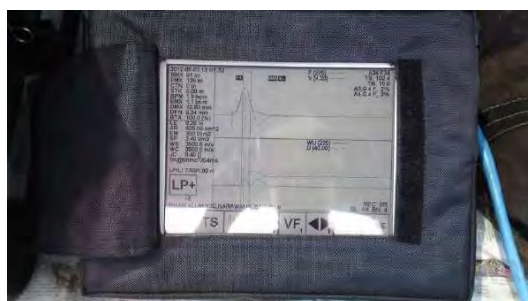
Sebelum pelaksanaan pengujian, data berikut ini harus diberikan kepada penguji PDA, dan menjadi tanggung jawab Kontraktor yang melaksanakan pemancangan untuk memberikan data yang benar :

- a. Nomor identifikasi pondasi tiang.
- b. Tanggal pemancangan.
- c. Bentuk dan dimensi penampang tiang.
- d. Panjang total tiang.

- e. Konfigurasi sambungan tiang (jika menggunakan tiang sambungan)
- f. Data hammer yang digunakan untuk melaksanakan pengujian PDA (*re-strike*).
- g. Data dan Parameter Pengujian PDA Test

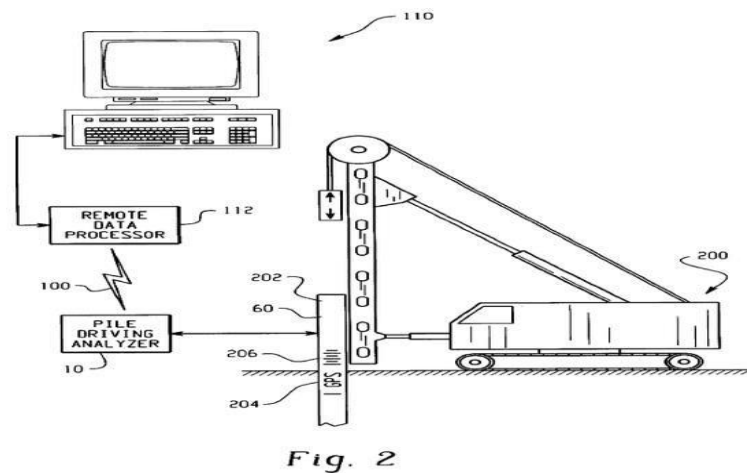
Tabel 2. Kode dan Keterangan Pada alat PDA ASTM D-4945-1996

Kode	Keterangan
BN	Pukulan
RMX	Daya dukung tiang (ton)
FMX	Gaya tekan maksimum (ton)
CTN	Gaya tarik maksimum (ton)
EMX	Energi maksimum yang di transfer (ton.m)
DMX	Penurunan maksimum (mm)
DFN	Penurunan permanen (mm)
STK	Tinggi jatuh palu (m)
BPM	Pukulan per menit
BTA	Nilai keutuhan tiang (%)



Gambar 4. Monitor alat PDA (ASTM D-4945-1996)

Penghentian *re-strike* dan perekaman data dilakukan setelah penguji yakin bahwa *hammer* telah memberikan energi *transfer* maksimum yang mampu dilakukannya.



Gambar 5. Proses pelaksanaan *PDA Test ASTM D-4945-1996*

5. Refusal dan Ultimate

Pada pengujian dengan PDA Test akan diperoleh hasil daya dukung yang bersifat salah satu dari dua kondisi berikut :

- a. *Refusal*
- b. *Ultimate*

Pengertian daya dukung yang bersifat *refusal* adalah daya dukung yang terdeteksi / terdata dan di analisis merupakan daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang belum sepenuhnya termobilisasi. Kondisi belum sepenuhnya termobilisasi adalah kondisi di mana pondasi tiang belum mencapai kapasitas tertinggi atau ultimate-nya. Kondisi ini dapat disebabkan karena pada saat pengujian / *re-strike* dilakukan, energi yang di *transfer* tidak cukup besar untuk memobilisasi seluruh kemampuan tahanan atau daya dukung pondasi tiang yang diuji. Pengertian daya dukung yang bersifat *ultimate* adalah daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang sudah termobilisasi sepenuhnya (*ASTM D-4945-1996*).

Dengan demikian angka daya dukung yang dihasilkan dari analisis PDA dan CAPWAP pada kondisi ini adalah benar-benar daya dukung *ultimate* atau batas

yang dimiliki oleh pondasi tiang yang diuji. Kondisi *ultimate* ditentukan oleh salah satu dari :

- a. Telah bergerakinya tiang pancang akibat beban tertentu (beban *ultimate*) yang berarti terlampauinya tahanan friksi dan ujung dari pondasi tiang.
- b. Telah terlampauinya kemampuan material tiang pancang itu sendiri yang jika diteruskan dengan beban yang lebih berat akan mengakibatkan kegagalan pada bahan / material tiang pancang.

Kedua kondisi tersebut (*refusal* atau *ultimate*) dapat diterima selama daya dukung yang diperoleh masih memenuhi syarat faktor keamanan yang dituntut dari desain yang ditetapkan. Dari beberapa data yang diambil pada waktu pelaksanaan pengujian PDA, pada umumnya akan diambil satu grafik dan data yang paling baik dalam mewakili dan menggambarkan kekuatan atau daya dukung pondasi tiang yang diuji. Penentuan data tersebut pada umumnya diambil dari data transfer energi atau energi tersalurkan (*EMX*) yang paling besar atau maksimum selama pelaksanaan *re-strike* dan terdata dalam program yang digunakan (*ASTM D-4945-1996*)

Tabel 3. Faktor Keamanan Global – Desain Tegangan Yang Diijinkan (*Australia*)

Kode	PDCA	AASHTO	IBC 2000	AS2159-95	ASCE (20-96) untuk jenis tiang pancang			ASCE
Tahun	2001	1992	2000	1995	1996			(pancang tanpa penggerak)
Desain Beban (catatan)	-	-	> 40T	-	16 s/d 40 T	40 s/d 100T	> 100T	> 100T
Analisis Statis (catatan)	3.50	3.50	6.00	2.12 s/d 3.44	NA	NA	NA	NA
Analisis Dinamis (catatan)	3.50	3.50	NA	2.50 s/d 3.06 (c)	2.0 s/d 2.4 (h)	NR	NR	NA
Persamaan Gelombang (catatan)	2.50	2.75	NA	2.50 s/d 3.06	1.8 s/d 2.2 (h)	1.9 s/d 2.3 (h)	NR	NA
Pengujian Dinamis (catatan)	1.9 to 2.1 (a)	2.25	2.00 (b)	1.72 s/d 2.12 (a, f, g)	1.6 s/d 2.0 (h)	1.7 s/d 2.0 (h)	2.0 s/d 2.4 (h)	2.6 s/d 3.6 (h)
Pengujian Statis (catatan)	1.8 to 2.0 (d)	2.00	2.00	1.53 s/d 1.93 (f, g)	1.5 s/d 1.8 (h)	1.6 s/d 1.9 (h)	1.8 s/d 2.2 (h)	2.3 s/d 3.2 (h)
Statis & Dinamis (catatan)	1.65 to 1.9 (a, b, e)	1.90	(j)	(j)	(j)	(j)	(j)	(j)

2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi

Pondasi sebagai struktur bawah konstruksi yang berfungsi sebagai menahan beban dari atas harus direncanakan sesuai kebutuhan agar area pondasi dan bangunan pada tanah tidak mengalami keruntuhan dan penurunan yang berdampak. Kriteria yang dibutuhkan dalam perencanaan desain pondasi yaitu, pondasi dapat menahan beban sesuai dengan standar *safety factor*. Dan pondasi berada pada tempatnya dengan aman jika telah mencapai batas toleransi tertentu (Hakam, 2018).

2.7.1 Pondasi Metode Aoki & De Alencar

Dalam perencanaan pondasi tiang pancang, dibutuhkan data tanah geser sebelum proses konstruksi bangunan dilaksanakan hal tersebut dilakukan untuk menemukan daya dukung ultimit pada tiang pancang. (Aoki dan De Alencar, 1975)

$$Q_u = Q_p + Q_s = q_b \cdot A_p + f \cdot A_s$$

Keterangan :

Q_u : Daya dukung ultimit (kN)

Q_p : Daya dukung pada ujung tiang (kN)

Q_s : Daya dukung tahanan kulit (kN)

q_b : Kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas (kg/cm²)

A_p : Luas ujung permukaan (m²)

f : Satuan tahanan kulit persatuan luas (kN/m²)

A_s : Luas sisi luar tiang (m²)

Metode Aoki dan De Alencar untuk mencari daya dukung aksial ultimit dari data CPT yang harus menentukan daya dukung ujung tiang persatuan luas (q_b) dan tahanan kulit.

Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) :

$$q_b = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_b}$$

Keterangan:

q_b : Kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas (kg/cm²)

$q_{ca}(\text{base})$: Perlawanan konus rata-rata 1,5D dibawah ujung tiang dan 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5D (kg/cm²)

F_b : Faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada

jenis tanah f : Satuan tahanan kulit persatuan luas (kg/cm²)

$q_c(\text{side})$: Perlawanan konus pada masing lapisan sepanjang tiang (kg/cm²)

σ_s : Nilai faktor empirik tipe tanah

F_s : Faktor empirik tahanan kulit tergantung pada jenis tanah

Tabel 4. Faktor Empirik F_b dan F_s

Tipe Tiang Pancang	F_b	F_s
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 5. Faktor Empirik Berdasarkan Tipe Tanah Yang Berbeda

Tipe Tanah	As (%)	Tipe Tanah	As (%)	Tipe Tanah	As (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir Kelanauan	2,0	Pasir berlanau Dengan lempung	2,8	Lempung berpasir Dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan Dengan lempung	2,4	lanau	3,0	Lempung berlanau Dengan pasir	3,0
Pasir berlempung Dengan lanau	2,8	Lanau Berlempung Dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Paasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

2.8 Metode Kerja

2.8.1. Prosedur Perencanaan Pondasi Tiang

- Menentukan kriteria perencanaan, seperti beban-beban yang bekerja pada dasar tumpuan (poer), parameter tanah, situasi dan kondisi bangunan di sekitar lokasi, besar pergeseran yang diijinkan dan tegangan ijin dari bahan-bahan pondasi.
- Memperkirakan diameter, jenis, panjang, jumlah dan susunan tiang.
- Menghitung daya dukung vertikal tiang tunggal (single pile).
- Menghitung faktor efisiensi dalam kelompok tiang dan daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang dalam satu kelompok tiang.
- Menghitung beban vertikal yang bekerja pada setiap tiang dalam kelompok

tiang. f. Memeriksa beban yang bekerja pada setiap tiang apakah masih dalam batasan daya dukung yang diijinkan. Apabila tidak sesuai, maka perkiraan diameter, jumlah atau susunan tiang pada prosedur yang kedua harus diperiksa kembali kemudian dilanjutkan dengan prosedur berikutnya.

- f. Menghitung penurunan (bila diperlukan).
- g. Merencanakan struktur tiang.

Penggunaan Pondasi tiang memiliki keuntungan-keuntungan sebagai berikut:

- a. Dapat digunakan bila tiang tunggal tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menahan beban kolom.
- b. Kegagalan dari sebuah tiang dapat diminimalisasi dengan adanya tiang-tiang yang lain (prinsip redundancy).
- c. Menyebabkan terjadinya pemadatan tanah pada arah lateral, terutama pada pemancangan tiang. Hal ini akan meningkatkan tekanan tanah lateral yang bekerja di sekeliling tiang sehingga meningkatkan kapasitas tahanan geseknya.

2.8.2. Kelompok Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang yang umumnya dipasang secara berkelompok. Yang dimaksud berkelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu dibagian atasnya dengan menggunakan pile cap. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang.

2.8.3. Jarak Antar Kelompok Tiang

Berdasarkan pada perhitungan daya dukung tanah oleh Dirjen Bina Marga

Departemen P.U.T.L. disyaratkan : $S \geq 2,5 D$ dan $S \geq 3,0 D$. Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan - pertimbangan sebagai berikut :

a. Bila $S < 2,5 D$

- Kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan.
- Terangkatnya tiang-tiang di sekitarnya yang telah dipancang lebih dahulu.

b. Bila $S > 3,0 D$

- Apabila $S > 3D$ maka tidak ekonomis, karena akan memperbesar ukuran/dimensi dari poer (footing).

2.8.4. Metode Pembebanan Quick Maintained Load Test Method (QM Test)

Metode ini direkomendasikan oleh New York State of Department of Transportation, The Federal Highway Administration, dan ASTM D1143- 81, terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Bebani tiang dalam 20 tahapan hingga mencapai 200% dari beban rencana (misalnya dengan pembebanan sebesar 10% dari beban rencana untuk setiap kenaikan pembebanan).
- b. Pertahankan setiap pembebanan selama 1-5 menit dengan pengambilan bacaan setiap 1 – 2,5 menit.
- c. Setelah interval selama 1 - 5 menit, lepaskan seluruh beban dari kepala tiang dalam 4 tahapan pengurangan beban yang sama, dengan interval waktu 5 menit untuk setiap tahapan pengurangan beban tersebut.

Metode ini sangat cepat dan ekonomis, oleh karena waktu yang diperlukan dalam percobaan ini berkisar antara 3 hingga 5 jam. Metode ini lebih menggambarkan kondisi undrained dari interaksi antara tiang dan tanah.

Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut Coduto (1983), efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor yaitu :

1. Jumlah, panjang, diameter, susunan, dan jarak tiang.
2. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
3. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang.
5. Jenis tanah.
6. Waktu setelah pemasangan.
7. Interaksi antara pile cap dengan tanah Metode perhitungan didasarkan pada susunan tiang dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman serta pengaruh muka air tanah.

Berikut ini beberapa metode dalam perhitungan efisiensi tiang.

Dalam efisiensi kelompok tiang, dapat kita hitung dengan formula sebagai berikut :

$$Eg = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang tunggal}}$$

Keterangan :

Eg = Efisiensi kelompok tiang.

2.8.5 Pengujian PDA Test

Pengujian PDA Test dilaksanakan berdasarkan ASTM D4945 (Standard Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundations). Pekerjaan persiapan sebelum pengujian dilaksanakan antara lain : Kondisi permukaan kepala tiang pancang sebaiknya rata, simetris dan tegak lurus. Pemasangan strain transducer dan accelerometer pada sisi tiang yang berhadapan (180°) dengan jarak

minimal 2 x Diameter (D) dari kepala tiang. Pemasangan hammer dan cushion pada kepala tiang. Memastikan semua konektivitas instrument peralatan pengujian berfungsi. Memasukkan data tiang uji dan hammer pada alat PDA. Melakukan pengecekan kembali untuk memastikan bahwa pengujian tiang ini sudah siap untuk dilaksanakan.

Sesudah persiapan, pengujian dilaksanakan dengan menjatuhkan hammer ke kepala tiang hingga memperoleh energi pukulan yang cukup dan tegangan (stress) yang tidak terlampaui agar kepala tiang tidak rusak. Pada saat pengujian, beberapa variabel tiang yang termonitor antara lain kapasitas tiang, energy, penurunan, maupun integritas tiang. Setelah pengujian PDA selesai dilaksanakan, maka proses selanjutnya adalah di analisis lebih lanjut menggunakan CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) untuk memperoleh Load Transfer tiang dan perilaku tanah disekelilingnya, daya dukung friksi, daya dukung ujung tiang, tegangan tekan dan tarik sepanjang batang tiang serta penurunan tiang.

2.9. Defenisi tanah

Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang berbentuk kumpulan mineral, material organik dan endapan-endapan yang tersedimentasi (terikat dengan proses kimiawi) antara lain disertai gas dan zat cair yang mengisi celah-celah kosong antara partikel padat tersebut. Tanah merupakan kumpulan partikel mineral yang ikatan molekulnya lemah, kemudian terbentuk karena daya tahan batuan. Hubungan yang lemah antara partikel tanah adalah karena adanya bahan alami atau karena adanya karbonat dan oksida yang meningkat di antara partikel.

Proses pembentukan fisik tanah yang dimulai dari batuan menjadi partikel-partikel kecil dipengaruhi oleh manusia, air, es, cuaca atau suhu. Pembentukan

tanah melalui proses kimiawi terjadi karena pengaruh O₂, CO₂, H₂O (yang mengandung asam atau basa). Menurut Hardiyatmo (1996), tanah dapat diartikan sebagai mineral, bahan organik, dan endapan yang relatif kendor di atas batuan dasar. Menurut Das (1991), material yang dikenal sebagai tanah terdiri dari butiran (agregat) dan berbagai mineral padat yang mengalami proses yang dikenal sebagai sedimentasi (terikat secara kimia), dan dari bahan organik yang membusuk (yang memiliki partikel padat), bersamaan dengan cairan dan gas yang masuk ke ruang yang dibiarkan terbuka di antara partikel padat.

2.10 Karakteristik Tanah

Pada penelitian ini, titik yang ditinjau oleh penulis adalah titik BH-02. Dari data hasil pengujian SPT dapat diketahui karakteristik tanahnya seperti yang tertera

Tabel 6. Pelapisan Tanah

Kedalaman (m)	Deskripsi	<i>Relative Density / Consistency</i>
		Tanah Kohesif (N ₆₀); Tanah Berbutir (N ₁) ₆₀
0,00 – 0,30	Pasir	Sangat longgar NSPT = 1
0,30 – 18,0	Pasir tanah liat	Sangat lembut ke lembut NSPT = 1 – 60
18,0 – 30,0	Pasir halus	Sangat padat NSPT = 60 – 60

2.11 Klasifikasi Tanah

Tanah yang telah diklasifikasikan dapat dipergunakan untuk observasi di lapangan dan pengujian lapangan sederhana. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang tidak subjektif, berfungsi untuk mendapatkan gambaran sekilas mengenai

survey, perencanaan, dan pelaksanaan berbagai jenis pekerjaan yang berhubungan dengan kondisi tanah. Pada dasarnya tanah terdiri dari dua golongan utama, berupa gradasi butirannya yaitu tanah berbutir halus dan berbutir kasar. Berdasarkan keragaman gradasinya, dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu, gradasi senjang (gap graded/ poor graded) dimana ukuran butiran tidak merata, gradasi seragam (uniform graded) ukuran butiran relatif sama, dan gradasi baik/rapat (well graded/ dense graded) ukuran butiran yang saling melengkapi. Tanah dikategorikan baik jika memiliki gradasi yang baik, dimana partikel tanah dapat mengisi & menutup rongga sehingga menimbulkan ikatan yang banyak dan kuat antar partikel.

Klasifikasi tanah berdasarkan kerekatannya dapat digolongkan menjadi dua bagian, yaitu tanah kohesif (tanah lempung) dan tanah non-kohesif. Tanah kohesif merupakan tanah memiliki sifat kerekatan antar butiran seperti tanah lempung. Tanah lempung (*clays*) mengandung partikel mikroskopis dan submikroskopis. (tidak bisa diamati secara tepat dengan mikroskop biasa) berupa lempengan-lempengan datar dan partikel dari mika, mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral halus lainnya (Pratikso, 2017). Tanah non-kohesif adalah tanah yang pada dasarnya memiliki sedikit lempung, seperti pasir, atau memiliki sedikit atau tidak ada daya rekat antar butir.

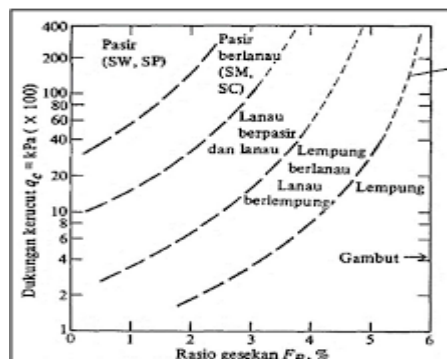
2.12 Klasifikasi Tanah Dengan *Cone Penetration Test* / Sondir CPT

Temuan pengujian lapangan, meliputi manometer pada interval 20 cm hingga kedalaman ujung kerucut (q_c), serta pembacaan awal tahanan geser ($q_c + f_s$) untuk diaplikasikan dalam mengidentifikasi kualifikasi tanah yang ditunjukkan seperti Tabel 5.berikut.

Tabel 7. Klasifikasi Tanah dengan Data Sondir (rendy,2018)

Hasil Sondir		Klasifikasi
Qc (Km/c m ²)	Fs (Kg/ cm ²)	
6,0	0,15-0,40	Humus, lembung sangati lunak
6,0-10,0	0,20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0,20-0,60	Lempung lembek, lempungi kelanauan lembek
10,0-30,0	0,10	Kerikil lepas
	0,10-0,40	Pasir lepas
	0,80-2,00	Lempung agaki kenyal
30-60	1,50	Pasir kelanauan, pasiri agak padat
	1,30-3,0	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60-150	1,0	Kerikil kepasiran lepas
	1,0-3,0	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan
	3,0	Lempung kekerikilan kenyal
150-300	1,0-2,0	Pasir padat, pasir kekerilan, dan pasir kasar

Ikatan antara tekanan konus (qc) & tahanan geser (fs) digambarkan secara grafis pada gambar di bawah dan dapat dijadikan acuan untuk mengidentifikasi kategori tanah.



Gambar 6. Grafik Hubungan (qc) dengan (fs)

Duch Cone Penetrometer Test (CPT), sering dikenal sebagai instrumen sondir, adalah alat analisis tanah yang tidak kompleks, terjangkau, praktis, dan sering dipergunakan di Indonesia. Tekanan berbentuk kerucut dengan atau tanpa hambatan gesek disediakan oleh instrumen sondir, yang dapat dikaitkan dengan

sifat-sifat tanah seperti kekuatan geser tak terdrainase dan kompresibilitas tanah serta untuk menentukan jenis lapisan tanah.

Tujuan pengujian sondir :

1. Mengidentifikasi, mengklasifikasikan lapisan tanah, dan mengetahui kekuatan lapisan tanah.
2. Mengontrol pemadatan pada tanah timbunan.
3. Merencanakan pondasi beserta penurunannya.
4. Merencanakan stabilisasi lereng baik timbunan/galian.

Hasil dari pengujian sondir (qc, fc, JHP, FR) dapat dikorelasikan :

1. Konsistensi.
2. Kuat geser tanah (Cu)
3. Parameter konsolidasi (Cc dan Mv)
4. *Relative Density* (Dr)
5. Elastisitas tanah
6. Daya dukung pada pondasi
7. *Settlement*

2.13.1 Parameter Tanah

Sifat fisik dan mekanik tanah merupakan salah satu kriteria pembeda yang diperlukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam mendukung struktur atas suatu bangunan. Pasir secara alami memiliki ketahanan kerucut yang lebih tinggi daripada tanah liat, dan sebaliknya untuk rasio gesekan (fr), yang lebih rendah di

pasir dan lebih tinggi di tanah liat. Data sondir dapat digunakan untuk menentukan sifat mekanik suatu tanah atau jenis tanah (*Soil Behavior Type, SBT*), seperti kekuatan, kekakuan, dan kompresibilitas. Berikut adalah beberapa ilustrasi Teknik

a. Klasifikasi Tanah

b. Dilihat dari grafik berdasarkan hasil tahanan kerucut dan gesekan selongsong, dapat dilakukan identifikasi lapisan dan jenis tanah dengan menggunakan uji CPT di lapangan. Schmertmann (1978) dan Douglas bersama Olsen (1981) menerbitkan grafik pertama untuk mengetahui klasifikasi tanah dengan menggunakan nilai dari tahanan kerucut (q_c) serta rasio gesekan ($Fr = (f_s/q_c) \times 100\%$), tetapi (Robertson et al, 1986) Robertson et Al. Grafik (1986) lebih sering digunakan daripada grafik lainnya (Long, 2008 dalam Robertson, 2010).

Dua belas jenis tanah terdaftar pada grafik Robertson pada tahun 1986 (lihat Gambar 2.3), namun dengan menggunakan karakteristik yang dinormalisasi, hanya sembilan jenis tanah yang dimasukkan pada tahun 1990. Mengingat hal ini, dimungkinkan untuk menerapkan grafik ini di lapangan dengan memanfaatkan grafik zona jenis tanah q_t - Fr (Robertson et al, 1986)..

pada resistensi kerucut, q_t (atau q_c) pada skala log terhadap rasio gesekan (Fr) pada skala normal (Robertson et al, 1986). Gambar 2 memperbaharui grafik dengan resistansi kerucut tak berdimensi (q_c/p_a), p_a adalah tekanan atmosfer (1 bar = 100 kPa = 0,1 MPa) dan Fr adalah fraksi, dari kedua grafik menggunakan skala log untuk memperbesar bagian pada Fr 1%. Pada awalnya grafik terdiri dari 12 zona tipe tanah (Robertson et al, 1986). Untuk menyelaraskan dengan grafik

terbaru jumlah kategori tanah telah diubah atau dikurangi menjadi 9

Tabel 8. Zona tipe tanah qt-Fr

Nama Golongan	Kerikil	Ukuran Buturan (<i>Min</i>)		
		Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachusetts Institute of technology (MIT)</i>	>2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
<i>U.S Department of Agriculture (USDA)</i>	>2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
<i>American Association of and Transportation Officeals (AASHTO)</i>	76,2 – 2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	< 0,002
<i>Unified Soil Classification Sytem (U.S Army Corp of Engineers and U.S Bureau of Reclamation)</i>	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075	Halus (yaitu lamamu dan lempung)	

Menurut (Jefferies dan Davies 1993), indeks jenis tanah, I_c , yang merupakan jari-jari lingkaran konsentris yang menggambarkan limit jenis tanah pada grafik, dapat merepresentasikan zona tanah pada grafik yang dinormalisasi. Konsep I_c diubah oleh Robertson dan Wride, (1998) agar sesuai dengan grafik (Robertson, 1990). Qt–Fr. Batas tanah muncul sebagai cincin konsentris dalam grafik SBT yang tidak dinormalisasi ketika ditampilkan pada skala lpg-log (Gambar 2). Dimungkinkan untuk menentukan indeks jenis tanah yang tidak dinormalisasi (ISBT) sebagai berikut:

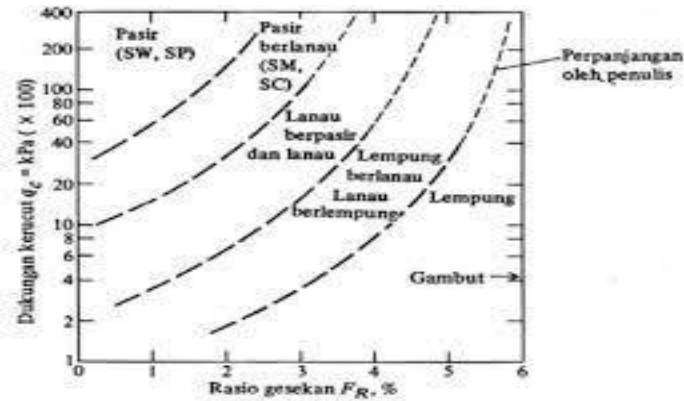
$$ISBT = [(3.47 - \log(q_c/p_a))^2 + (\log Fr + 1.22)^2]^{0.5} \quad (2.10)$$

Dimana:

q_c = CPT *cone resistance (or corrected coneristance, qt)*

F_r = *friction ratio* = $(f_s/q_c) \times 100\%$

f_s = CPT *sleeve friction*



Gambar 6. Zona pada tipe tanah $q_c/Pa-Fr$

Sebagian besar perkiraan dalam referensi dilandaskan atas korelasi antara q_c dan N-SPT (penjumlahan tumbukan dalam uji penetrasi). Nilai q_c dianggap lebih andal dibandingkan f_s . Pada studi terupdate, enam belas titik lokasi pengujian ditempat berbeda dinilai untuk menentukan nilai q_c yang akan diperoleh dibandingkan dengan tren N (Jarushi, Fauzi, S. AlKaabim, 2015) Enam belas lokasi menghasilkan lima jenis tanah yang lazim berikut ini:

1. Pasir lembut (SP)
2. Pasir lembut lanauan (SM)
3. Pasir lembut lempungan (SC)
4. Pasir lembut lempung lanauan SM / SC, dan
5. Pasir lembut dan lanau (SP-SM).

Bentuk tanah lainnya, termasuk lempung (CH dan CL) tidak umum dan andai kata ada, hanya ada sebagai lapisan tipis. Data ini dengan demikian akan memberikan korelasi yang lemah. Semua kedalaman pemeraman CPT dan keseluruhan kedalaman galian SPT berkorelasi

Tabel 9. Korelasi hasil CPT-SPT berdasarkan jenis tanah

N SPT (blows/ft)	Konsistensi	<i>Unconfined Compressive Strength</i>) Tons / ft ²	γ kN / m ³
<2	<i>Very soft</i>	<0,25	16 – 19
2 – 4	<i>Soft</i>	0,25 – 0,50	16 – 19
4 – 8	<i>Medium</i>	0,50 – 0,100	17 – 20
8 – 15	<i>Stiff</i>	1,00 – 200	19 – 22
15 – 30	<i>Very stiff</i>	2,00 – 400	19 – 22
>30	<i>Hard</i>	>4,00	19 - 22

c. Berat Volume Tanah

Partikel, air, dan udara membentuk dua atau tiga konstituen yang membentuk bahan tanah. Butiran dan air adalah dua komponen yang ada di tanah jenuh, sedangkan butiran dan udara adalah dua komponen yang ada di tanah kering. Partikel, air, dan udara adalah tiga komponen tanah tak jenuh. Tiga komponen tanah yaitu butiran, air, dan udara, masing-masing mempunyai berat dan volume. Rasio berat partikel tanah (termasuk air dan udara) terhadap volume total tanah dikenal sebagai berat satuan tanah. Persamaan berikut digunakan dalam analisis CPT untuk menghitung nilai berat satuan tanah:

$$\gamma/\gamma_w = 0,27 \log R_f + 0,36 \log \left(\frac{q_t}{p_a} \right) + 1,236$$

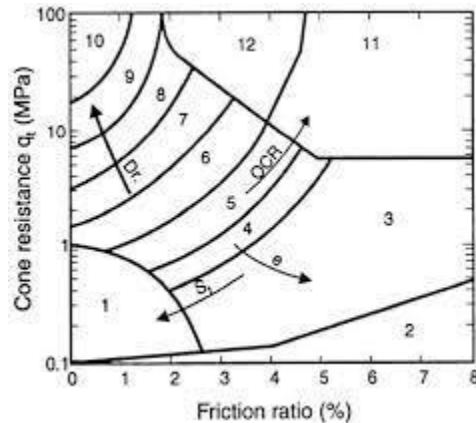
dimana :

R_f = rasio untuk gesekan = (f_s/q_t) 100%

γ_w = berat volume air

q_t = nilai konus terkoreksi

p_a = tekanan 1 atm



Gambar 7. Grafik volume tanah menggunakan data CPT berat

d. Kohesi

Kohesi merupakan keahlian butiran tanah untuk menarik satu sama lain. berdasarkan anggapan bahwa tanah lempung tidak terdrainase.

$$s_u = c_u \quad (2.16)$$

Persamaan berikut mengilustrasikan hubungan antara resistansi s_u dan konus:

$$c_u = \frac{q_c}{N_c} \quad (2.17)$$

dimana :

$$N_c = 14$$

q_c = nilai konus

e. Sudut Geser

Hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal pada bahan tanah menghasilkan suatu sudut yang dikenal dengan sudut geser. Bahan lebih tahan terhadap gaya eksternal yang diterapkan padanya semakin besar sudut geser pada material. Korelasi berikut diusulkan oleh Robertson dan Campanella (1983) untuk menghitung sudut geser puncak:

$$\tan \phi' = \frac{1}{2,68} \left[\log \left(\frac{q_c}{\sigma'_{vo}} \right) + 0,29 \right]$$

dimana :

q_c = nilai konus

$y'v_o$ = tegangan vertikal efektif

f. Permeabilitas

Hasil penilaian grafik CPT dapat digunakan untuk menentukan nilai parameter permeabilitas metode.

Tabel 10. Nilai Perkiraan Permeabilitas

Jenis Tanah	K (Cm / Det)	Nama
Kerikil	$>10^{-1}$	High permeability
Kerikil halus / pasir	$10^{-1} - 10^{-3}$	Medium permeability
Pasir sangat halus Pasir lanau Lanau tidak padat	$10^{-3} - 10^{-5}$	Low permeability
Lanau padat Lanau lempung Lanau tidak murni	$10^{-5} - 10^{-7}$	Very low permeability
Lempung	$<10^{-7}$	Impervious permeability

Persamaan berikut merangkum hubungan antara permeabilitas tanah (k) dan SBT I_c pada Gambar 10.

Tabel 11. Persamaan permeabilitas tanah

Permeabilitas Tanah (m/detik)	Keterangan
$K = 10^{(0,952 - 3,04I_c)}$	$1 < I_c < 3,27$
$K = 10^{(-4,52 - 1,37I_c)}$	$3,27 < I_c < 4,00$

g. Poisson's Ratio

Poisson's ratio adalah komparasi dari laju perubahan regangan pada arah aksial dengan laju penambahan regangan pada arah lateral.

Tabel 12. Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson's Ratio

Macam Tanah	Angka Poisson (u)
Lempung jenuh	0,40 - 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 - 0,30
Lempung berpasir	0,20 - 0,30

Lanau	0,30 – 0,35
Pasir padat	0,20 – 0,40
Macam Tanah	Angka Poisson (ν)
Pasir kasar ($e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir halus ($e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu	0,10 – 0,40
Loess	0,10 – 0,30

2.13.2 Penyelidikan tanah

Penyelidikan tanah merupakan langkah permulaan pada proses konstruksi, seperti dalam halnya perencanaan desain konstruksi, pondasi, maupun perencanaan struktur. Secara umum, tujuan penyelidikan tanah adalah untuk mengumpulkan informasi teknis tentang tanah, juga dikenal sebagai parameter tanah, yang menjelaskan kondisi tanah khusus untuk lokasi bangunan dan akan dipakai untuk kriteria perencanaan.

Investigasi tanah atau *soil investigation* merupakan kegiatan pengambilan contoh tanah yang dimanfaatkan untuk meneliti keadaan sifat tanah. Untuk merencanakan pondasi, sangat wajib untuk teknisi memahami karakteristik setiap Pengambilan sampel tanah untuk tujuan pemeriksaan sifat-sifat tanah disebut penyelidikan tanah. Fitur dari setiap lapisan tanah, seperti berat satuan tanah, daya dukung, atau kapasitas penyerapan, serta ketinggian air tanah, sangat penting untuk dipahami oleh spesialis saat merancang pondasi. Oleh karena itu, sebelum menentukan apakah nantinya memakai pondasi dangkal atau pondasi dalam, harus dilakukan analisis tanah (Bowles, 1991)

Aspek-aspek yang diharapkan setelah investigasi tanah :

- a. Tipe serta profil pada batuan atau lapisan tanah dapat divisualisasi serta detail.
- b. Dalamnya tanah keras (*dense soil/hard*) serta kapasitas dukung tanah.

c. Level muka air tanah (*ground water level*).

- d. Data Indeks Properti dan *Engineering Properties*.
- e. Analisis teknik yang dapat membuat rekomendasi rancangan untuk kategori pemakaian pondasi, meliputi daya dukung pondasi dalam, daya dukung pondasi dangkal dan *settlement*.
- f. Menghitung tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan tanah atau pangkal jembatan (*abutment*).
- g. Analisis teknis yang menghasilkan saran rancangan penimbunan/pemadatan.
- h. Ketika struktur menjadi subjek penelitian yang dilakukan sebelumnya, perhatikan faktor keamanannya.

Analisis tanah membantu menentukan lokasi saluran, gorong-gorong, penentuan lokasi, dan jenis bahan timbunan dalam pembangunan jalan raya dan irigasi. Pengujian Penetrasi Standar (SPT), Tes Penetrometer Kerucut (CPT), log bor, dan pengujian laboratorium adalah beberapa contoh dari jenis penyelidikan lapangan. Sebagai konsekuensi dari penyelidikan tanah ini, diambil dua jenis contoh tanah, yaitu:

1. Contoh tanah yang tidak terganggu (*Undisturbed Soil*)

Jika sampel tanah menampilkan karakteristik asli tanah, maka dianggap tidak terganggu. Tanahnya masih asli karena struktur, kandungan air, dan susunan kimiawinya tidak berubah. Sampel tanah seperti itu tidak mungkin didapat, tetapi kerusakan pada sampel tanah dapat diminimalkan dengan menggunakan pendekatan implementasi yang tepat. Untuk percobaan kualitas rekayasa tanah, digunakan tanah yang tidak tersentuh. Dalam Bowles (1991),

2. Contoh tanah terganggu (*Disturbed Soil*)

Sampel tanah yang terganggu merupakan sampel yang diperoleh tidak dengan tindakan pencegahan khusus untuk melestarikan struktur alami tanah. Kualitas indeks tanah diuji menggunakan *disturbed soil* (Bowles 1991)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi penelitian

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dan rencana dari proses berfikir dan memecahkan masalah yang dimulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari referensi tertulis maupun observasi langsung di lapangan. Pada tahapan metode penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data yang ada di studi kasus, selanjutnya dilakukan persiapan untuk mendapatkan tahapan informasi dengan mengumpulkan data sekunder. Pada bab ini membahas tentang lokasi penelitian, metode pengambilan data dan analisis data. Setelah data – data terkumpul maka dilakukan pengolahan data, setiap data yang telah dihitung kembali maka dilanjutkan dengan menganalisis studi kasus yang ada. Setelah analisis selesai, maka dilakukan perhitungan hasil yang menggunakan beberapa alternatif, sehingga biaya dan waktu yang didapat lebih efektif dan efisien.

Analisis data menggunakan metode analitis. Analitis berarti data yang sudah ada diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan hasil akhir yang dapat disimpulkan.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek Pembangunan Pabrik Sukanda Djaya di Kawasan Tanjung Morawa B, Tanjung Morawa, Deli Serdang, Sumatra Utara . Seperti terlihat dalam gambar 7. dibawah ini,



Gambar 8. Lokasi proyek (Sumber : Google Map)

3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data demi tercapainya tujuan penulisan dan agar diperoleh data dan informasi yang dibutuhkan dalam pembahasan penulisan skripsi ini maka teknik pengambilan data melalui metode pengambilan data langsung dari lapangan (Field Method) yaitu pengumpulan data melalui hasil survey di lapangan berupa laporan pekerjaan dan gambar situasi yang didukung konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dari pihak proyek. Adapun sumber data yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Data Primer

Data primer merupakan yang diperoleh langsung dilapangan untuk dijadikan data dasar, namun dapat juga dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data – data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penyusun berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek, seperti Deskripsi Bangunan yaitu direncanakan pembangunan Tangki Timbun (Storage Tanks) di Kawasan Pelabuhan Pelindo 1 Kuala Tanjung, Kabupaten Batubara – Sumatera Utara.

Faktor pendukung dalam keberhasilan penelitian ini, memerlukan beberapa data konstruksi yang berkaitan dengan apa yang akan dianalisis. Data – data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

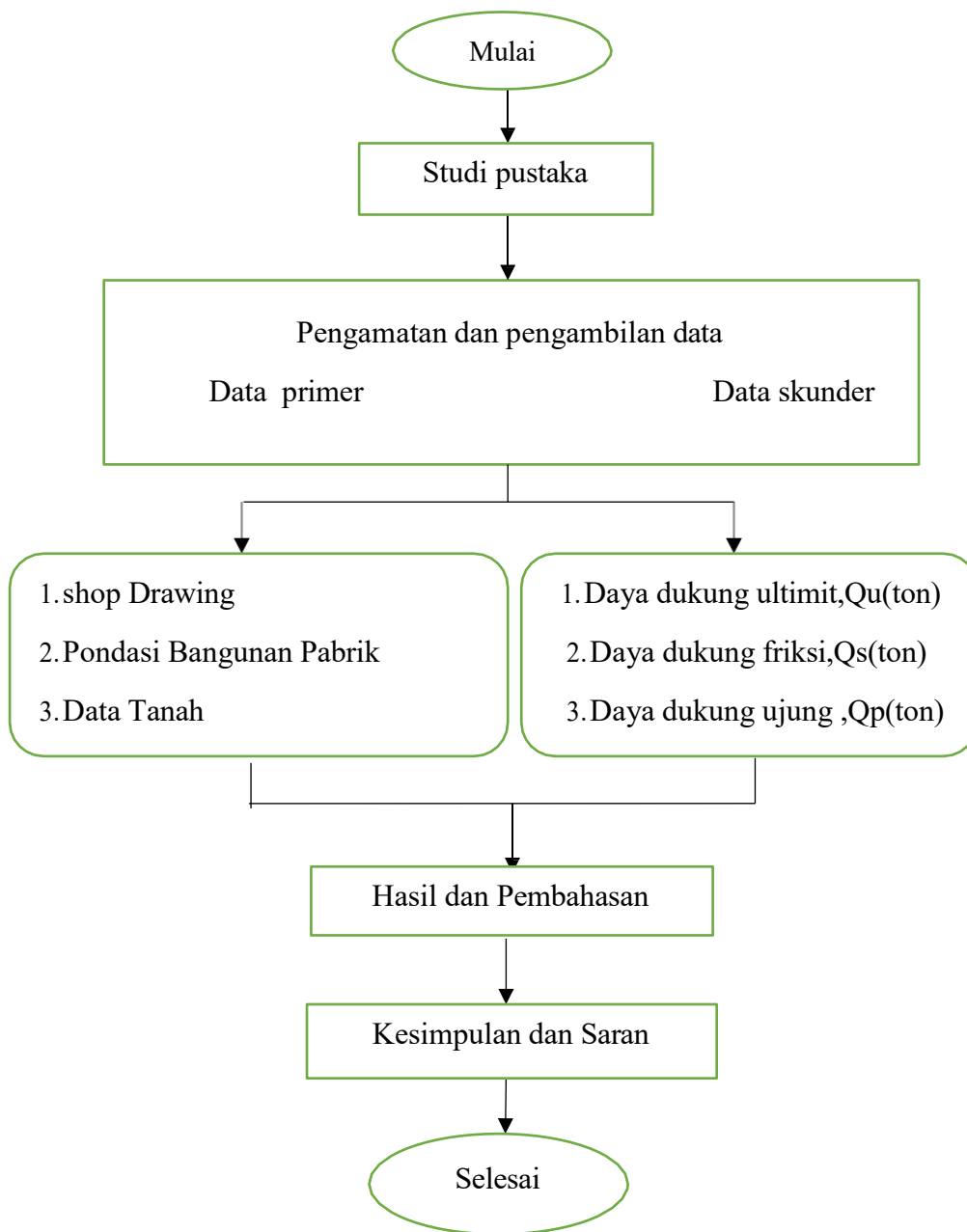
1. Data Standard Penetration Test (SPT).
2. Data hasil Pile Driving Analyzer (PDA) Test.
3. Data pile record. xza
4. DED (Detail Engineering Drawing).

3.4. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, diperlukan beberapa tahapan untuk mencapai hasil studi yang diinginkan :

1. Melakukan kajian pustaka dan kajian terhadap buku dan jurnal yang relevan dengan topik pembahasan Tugas Akhir yang akan digunakan.
2. Menelaah serta memutuskan lokasi sampling data yang berkaitan dan relevan dengan topik Tugas Akhir.
3. sPengumpulan data yang nantinya digunakan dalam perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang.

3.5 Kerangka Pikiran



Gambar 9. Kerangka berpikir

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis daya dukung tanah dengan metode Schmertmann - Nottingham, Aoki & De Alencar, dan PDA test pada studi kasus Gedung Sukanda medan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut Hasil dari perhitungan daya dukung ultimit di lokasi tiang pancang menggunakan data CPT dan dengan perhitungan manual dari metode Schmertmann - Nottingham, Aoki & De Alencar, dan dengan perhitungan didapat hasil daya dukung (Q_u) sebagai berikut. Metode Schmertmann – Nottingham (101,06 ton), Aoki & De Alencar (84,357 ton), Hasil PDA Test (194,4ton)

Hasil dari pengujian PDA test didapat nilai daya dukung ultimit dengan melihat grafik dari data PDA test. Hasil uji PDA test didapatkan Q_u sebesar 194,4 ton. Perbandingan hasil daya dukung ultimit yang dihitung secara manual dari data CPT menggunakan metode Schmertmann – Nottingham, metode Aoki & De Alencar, hasil pengujian PDA test diketahui hasilnya seperti pada dengan hasil Q_u tertinggi dari pengujian *PDA test*.

5.2. Saran

Dari hasil analisis daya dukung dan kesimpulan yang telah didapat, kami beberapa saran berikut Sebelum perhitungan daya dukung dianalisis, kita perlu mendapatkan data teknis lengkap, karena dapat menunjang pada saat analisis data. Memiliki data teknis yang lengkap dapat memperoleh perhitungan yang lebih akurat. Pada penelitian lainnya, disarankan untuk menggunakan metode perhitungan yang belum digunakan dan ditambah menggunakan data test.

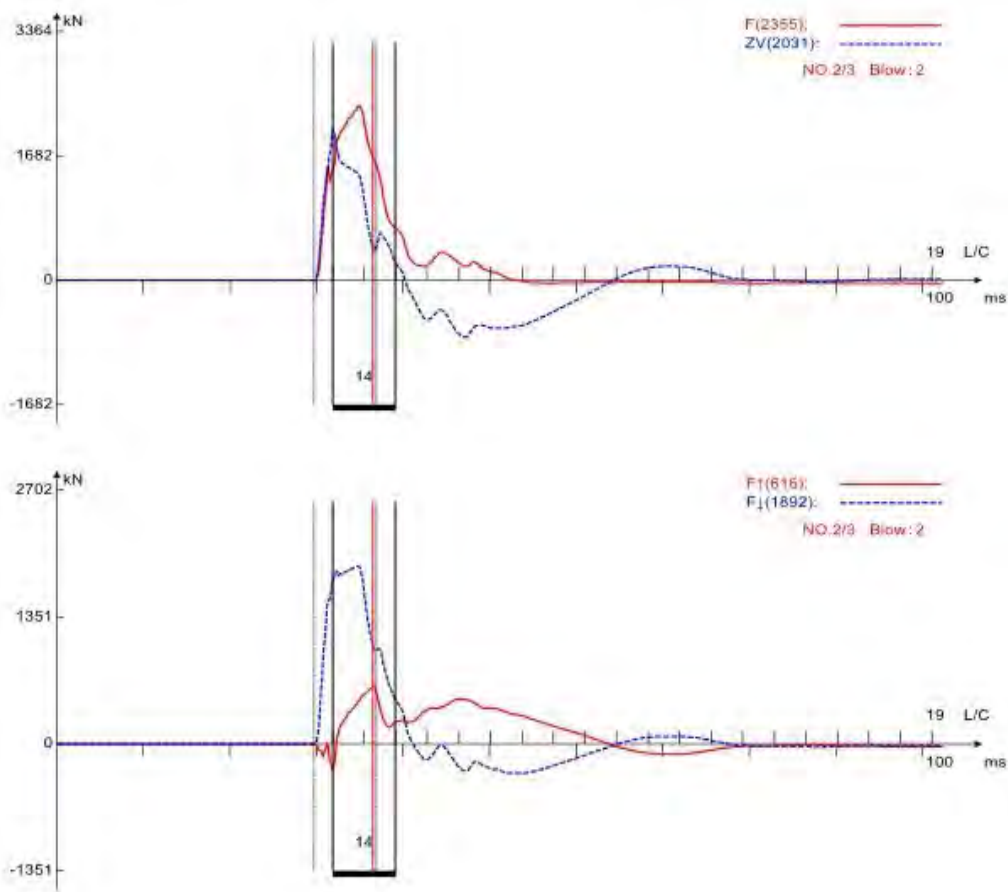
DAFTAR PUSTAKA

- Amanda, 2018, *Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Cara Dinamik dan Program Capwap Hasil Pengujian PDA pada Jembatan Underpass Sta 129+742 Proyek Jalan Tol Trans Sumatera Paket 4*, Tugas Akhir, Program Studi D-III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. <https://bit.ly/3zIIzzZ>.
- Anonim, 2014, Digital Library Universitas Lampung, *Tinjauan Pustaka untuk Definisi Pondasi Secara Umum*. <https://bit.ly/2SnfymK>.
- ASTM D-4945 - 1996, 1996, *Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*. <https://bit.ly/3zkWN3N>.
- Bowles, J. E., 1982, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J. E., 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1941. *Soil Mechanics Laboratory Manual Third Edition. United States of America: Engineering Press, Inc.*
- Hardjasaputra, H., Ibrahim, M., Tampubolon, R., 2006, *Strategi Pencegahan Kegagalan Pondasi dengan Melakukan Rangkaian Uji Coba Beban serta Uji Integritas Tiang Pondasi*, Seminar Jurusan Teknik Sipil UPH, Jakarta.
- Robinson, B., Rausche, F. <https://bit.ly/2TPjxbY>.
- Lumban Gaol, I. R., 2019, *Perbandingan Hasil Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada BH 02 Menggunakan Plaxis Berdasarkan PDA Test dan Capwap*, Tugas Akhir Bidang Studi Geoteknik, Medan.
- Likins, G. E., Ealy, C., 2002, *Dynamic Load Testing of Drilled Shafts at National Geotechnical Experimentation Sites, Deep Foundations 2002, An International Perspective on Theory, Design, Construction, & Performance*, Orlando, FL ASCE, GSP 116. <https://bit.ly/3weGwvj>.
- Likins, G. E., and F. Rausche, 2004, *Correlation of CAPWAP with Static Load Tests. Proceedings of the Seventh International Conference on the Application of Stresswave Theory to Piles: Petaling Jaya, Selangor, Malaysia* Hardjasaputra, H. <https://bit.ly/3zIJNez>.

- Lita, L. 2018, Jurnal, *Metode Pekerjaan Pondasi Borepile pada Proyek Pembangunan Apartement Citra Plaza Nagoya Batam*.
<http://repository.uib.ac.id/1193>.
- Sardjomo, HS, 1987, Digital Library Universitas Lampung, *Pondasi Tiang Pancang, Jilid I, Edisi 1*. <https://bit.ly/3xdMMn8>.
- Sardjomo, HS, 1988, Digital Library Universitas Lampung, *Pondasi Tiang Pancang, Jilid II, Edisi 1*. <https://bit.ly/3pER9W7>.
- Setio, HD, Setio, S, Martha, D, Kamal, B. r dan Nasution, S, 2000, *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Dinamik*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IV, INDO-GEO 2000 HATTI, Jakarta, V 27 V 35.
- Simalango, A. Iskandar, R. 2016, Jurnal, *Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga pada Bore Hole II*. <https://bit.ly/3fPohWo>.
- Sulardi, 2018, Jurnal Kacapuri, *Uji Kinerja Daya Dukung Individu Pondasi Tiang dengan Alat Instrument Kontrol Pile Drive Analyzer Test di Refinery Unit V Balikpapan, Volume I Nomor 2, Edisi Desember*.
<https://bit.ly/3x5cNFm>.
- Teddy, L. 2013, Jurnal, *Evaluasi Pondasi Tiang dengan Pile Driven Analysis (PDA) di Kota Palembang*. <https://bit.ly/3oVlKy3>.
- Thaha, A. Suprapti, A. Nurhadi, D. 2013, Jurnal, *Studi Pembebanan Tiang dengan PDA Test di Pelabuhan PT. Semen Tonasa Biringkassi*.
<https://bit.ly/3wAIu9m>.

DAFTAR LAMPIRAN

Proj Name: COLD STORAGE KIM STAR Pile Number: P1 Test Date:2023-08-08



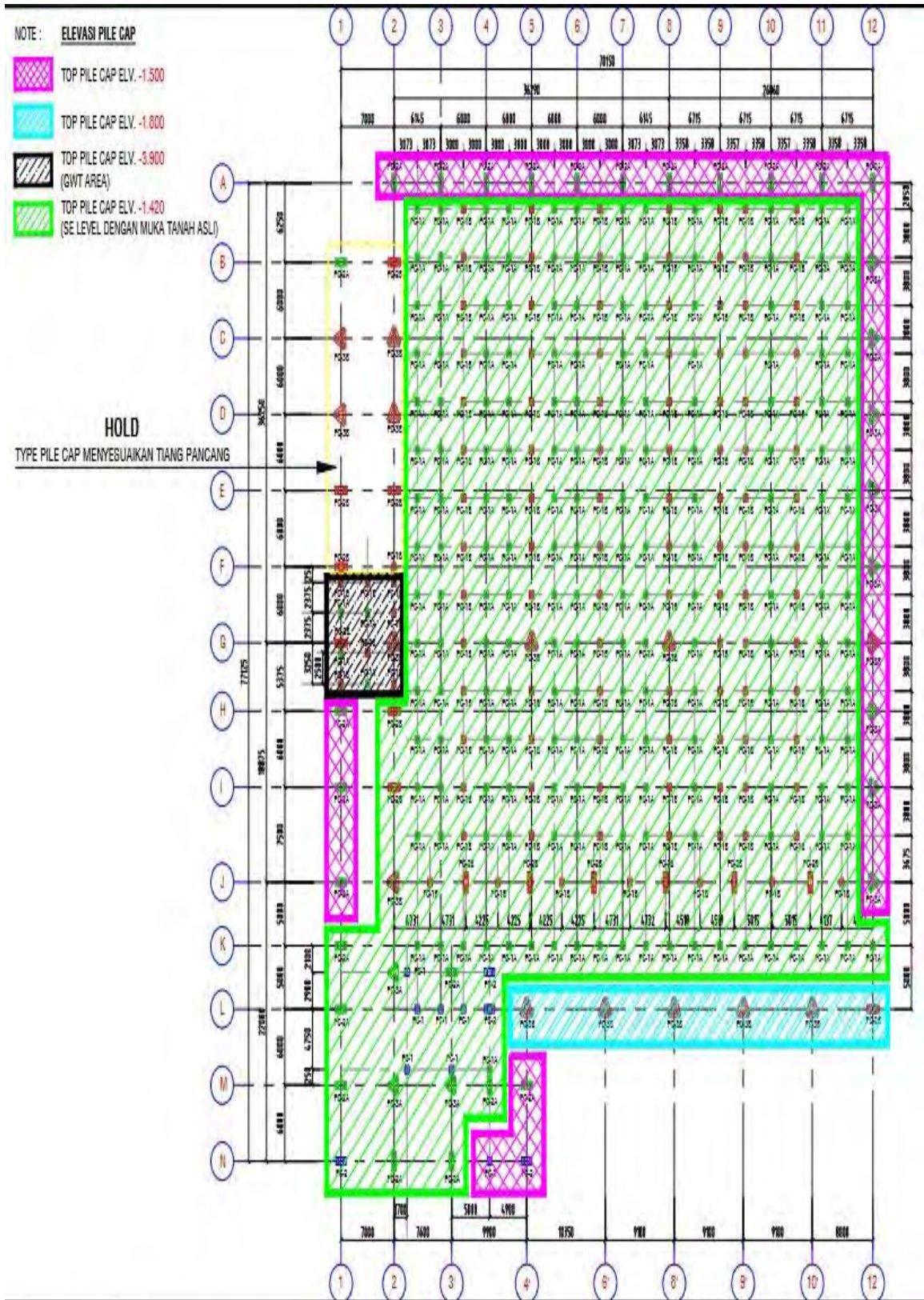
Basic Pile Parameter

Area:900 cm ²	PL:14 m	γ:24,5 kN/m ³
WS:3900 m/s	WC:3900 m/s	JC: 0,4
EM:39025,0 MPa	Sampling Points: 1 K	Sampling Frequency:10 KHZ

Output

FMX : 2355 kN	DMX : 11,1 mm	DFN : 0,7 mm
LDT : 9,0 m	RMX : 1592 kN	

Lampiran 1. Basic pile



Lampiran 2. Denah pondasi.

Tabel sondir lapangan

Kedalaman (m)	Nilai N SPT	
	Bor 1	Bor 2
2,00	2	1
4,00	3	2
6,00	9	2
8,00	11	1
10,00	24	2
12,00	21	1
14,00	27	27
16,00	45	27
18,00	49	30
20,00	60	31
22,00	60	60
24,00	58	60
26,00	60	60
28,00	58	60
30,00	49	60
32,00	51	60
34,00	60	60
36,00	60	42
38,00	60	58
40,00	60	60