

**ANALISIS KEKUATAN TIANG PANCANG PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JEMBATAN JALAN BEBAS HAMBATAN
MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI**

SKRIPSI

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

Oleh:

**ASKTHREED
198110141**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 4/8/22

Access From (repository.uma.ac.id)4/8/22

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KEKUATAN TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN JALAN BEBAS HAMBATAN MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh:

Askthreed
198110141

Disetujui,

Pembimbing I

Hermansyah, S.T., M.T.
NIDN : 0106088004

Pembimbing II

Denny Meisandy Hutauruk, S.T., M.T.
NIDN : 0113059001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Rivaldin Syah, S.Kom., M.Kom.
NIDN : 01050588004



Hermansyah, S.T., M.T.
NIDN : 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 4/8/22

Access From (repository.uma.ac.id)4/8/22

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana adalah karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini 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 dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku di Universitas Medan Area, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juni 2022



Askthreed
NPM 198110141

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Askthreed
Npm : 198110141
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 skripsi saya yang berjudul : “Analisis Kekuatan Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Jembatan Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, 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.

Medan, Juli 2022
Yang Menyatakan,



Askthreed
NPM 198110141

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ Analisis Kekuatan Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Jembatan Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi”.

Penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bimbingan, nasehat serta petunjuk dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah saya sebagai penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc selaku rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, ST, MT selaku Kepala program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan sekaligus selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar telah membimbing serta memberi masukan yang berguna bagi saya.
4. Bapak Denny Meisandy Hutauruk, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II yang juga dengan sabar telah membimbing serta memberi masukan yang berguna bagi saya.
5. Orang tua saya yang senantiasa memberikan dukungan doa ataupun dukungan material.

6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak mengandung kelemahan dan kekurangan, baik dari segi materi, penyajian, maupun pemilihan kata-kata. Oleh karena itu penulis akan sangat menghargai kepada siapa saja yang berkenan memberi masukan, baik berupa koreksi maupun kritikan yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi penyempurnaan skripsi ini.

Terlepas dari semua kekuarangan yang ada, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Akhir kata saya ucapkan terima kasih.

Medan, Juli 2022

Penulis

Askthreed
NPM 198110141

DAFTAR ISI

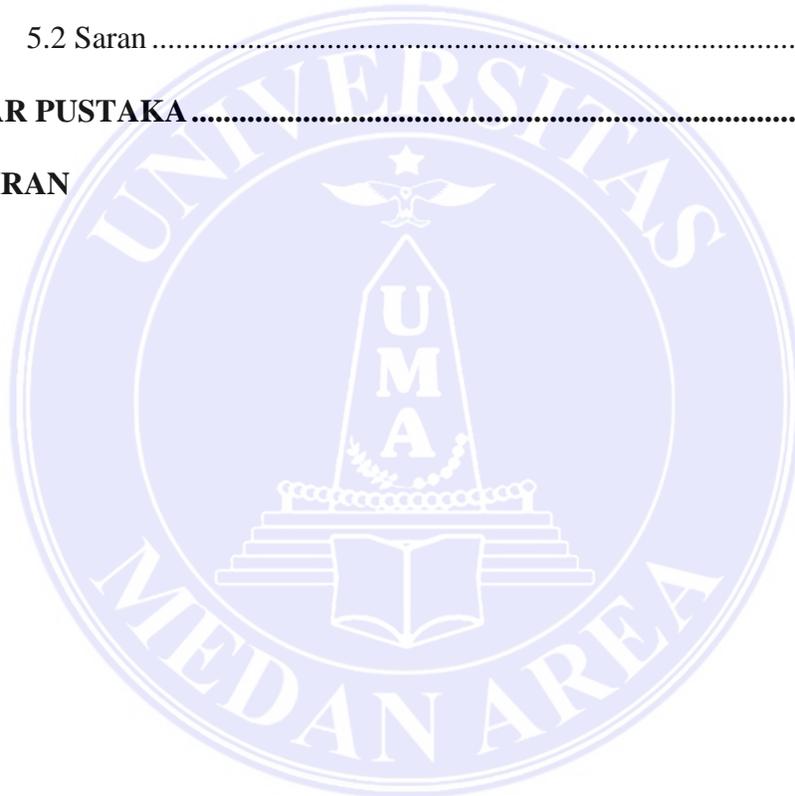
LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pengertian Pondasi	6
2.3 Jenis-Jenis Pondasi	9
2.3.1 Pondasi Dangkal.....	10

2.3.2 Pondasi Dalam.....	14
2.4 Penyelidikan Tanah	33
2.4.1 Pengujian Sondir	35
2.4.2 Pengujian SPT	37
2.4.3 Pengujian PDA Test	41
2.5 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang	43
2.5.1 Faktor Aman.....	44
2.5.2 Daya Dukung Berdasarkan Data Sondir.....	45
2.5.3 Daya Dukung Berdasarkan SPT Test.....	46
2.5.4 Daya Dukung Berdasarkan PDA Test.....	48
2.6 Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang	50
BAB III METODE PERENCANAAN	52
3.1 Deskripsi Penelitian.....	52
3.2 Tempat Penelitian	53
3.3 Cara Pengambilan Data	54
3.4 Tahapan Penelitian	54
3.5 Kerangka Berpikir	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Hasil.....	56
4.1.1 Kapasitas Daya Dukung Uji Sondir	57
4.1.2 Kapasitas Daya Dukung Uji SPT	60
4.1.3 Kapasitas Daya Dukung PDA Test	64

4.1.4 Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang	64
4.2 Pembahasan	66
BAB V KESIMPILAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pondasi	8
Gambar 2.2 Pondasi Telapak	9
Gambar 2.3 Pondasi Menerus	10
Gambar 2.4 Pondasi Rakit (Plat).....	12
Gambar 2.5 Tiang Pancang Kayu	17
Gambar 2.6 Tiang Pancang Precast Reinforced Concrete Pile	17
Gambar 2.7 Tiang Pancang Precast Prestressed Concrete Pile.....	18
Gambar 2.8 Cast in place	19
Gambar 2.9 Tiang Pancang Baja	20
Gambar 2.10 Skema Urutan Standard Penetration Test.....	26
Gambar 2.11 Grafik hubungan antara (Cu) dengan (α).....	28
Gambar 3.1 Peta lokasi seksi 3: Parbarakan – Lubuk Pakam.....	32
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	34
Gambar 4.1 Layout Jalan Bebas Hambatan Medan- Kualanamu-Tebing Tinggi	35
Gambar 4.2 Boring Log Pada Pier 2.....	38
Gambar 4.3 Grafik Daya Dukung SPT, Sondir, dan PDA Test	41
Gambar 4.3 Susunan kelompok tiang pancang.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keunggulan dan Kelemahan Pondasi Telapak	9
Tabel 2.2 Keunggulan dan Kelemahan Pondasi Menerus	10
Tabel 2.3 Keunggulan dan Kelemahan Pondasi Rakit	12
Tabel 2.4 Karakteristik Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai q_c	23
Tabel 2.5 Hubungan Nilai N dengan Kerapatan Relatif	26
Tabel 4.1 Perhitungan daya dukung tiang pancang dari data sondir	37
Tabel 4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Pada Pier 2 Titik DM 04 Dari Data SPT	40
Tabel 4.3 Daya Dukung Tiang Pancang Hasil PDA Test	41
Tabel 4.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok	44

DAFTAR NOTASI

A_p	= Luas penampang tiang (m^2)
C_u	= Kohesi <i>undrainad</i> (Kn/m^2) = $N_{SPT} \times 2/3 \times 10$
D	= Diameter tiang (m)
E_g	= Efisiensi kelompok tiang
FK	= Faktor keamanan
JHL	= Jumlah hambatan lekat (kg/cm)
K	= Keliling tiang (m)
L_i	= Tebal lapisan tanah setiap interval kedalaman (m)
M	= Jumlah baris tiang
n	= Jumlah tiang dalam satu baris
s	= Jarak pusat ke pusat tiang
Q_a	= Daya dukung ijin tiang (ton)
q_c	= Perlawanan penetrasi konus (kg/cm^2)
Q_p	= Daya dukung ujung tiang
Q_s	= Daya dukung gesek atau kulit
Q_u	= Daya dukung <i>ultimate</i> tiang
\check{N}	= Nilai N rata-rata dari uji SPT yang dihitung dari 8d diatas dasar tiang pancang sampai 4d dibawah dasar tiang pancang
α	= Faktor adesi
θ	= arc tg d/s, dalam derajat

ABSTRAK

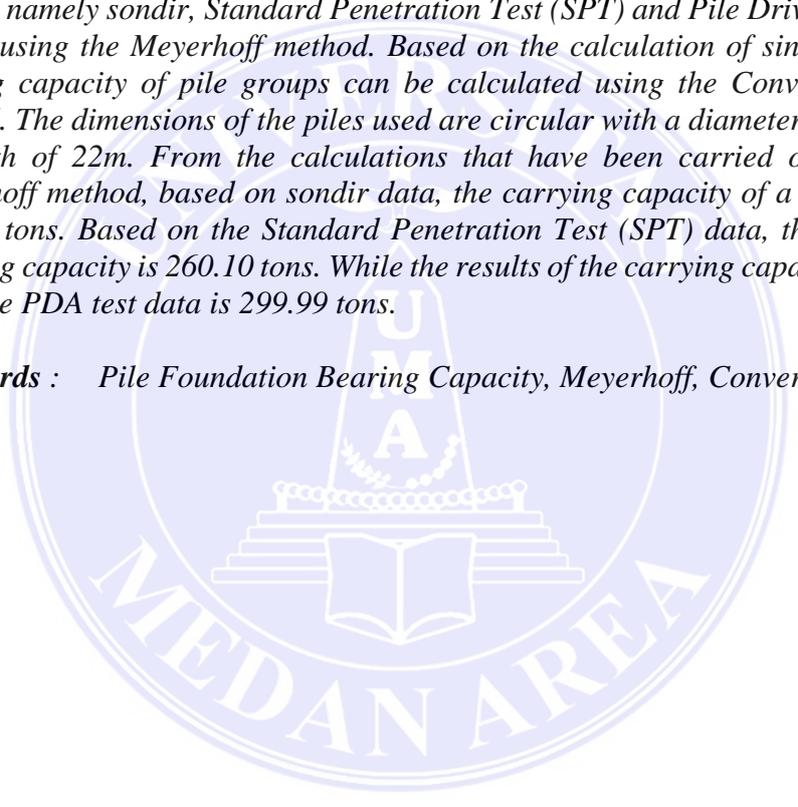
Struktur penting pada suatu pembangunan jembatan salah satunya adalah pondasi. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan pada saat akan membangun pondasi, mulai dari pemilihan jenis pondasi sampai pada perhitungan beban pondasi tersebut. Maksud dari skripsi ini adalah menganalisa kekuatan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan jembatan jalan jalan bebas hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi. Perhitungan kekuatan pondasi tiang pancang dilakukan dengan menghitung besar daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok pada satu abutmen. Daya dukung pondasi tiang pancang dihitung berdasarkan data hasil uji penyelidikan tanah yaitu sondir, *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) dengan menggunakan metode Meyerhoff. Berdasarkan hasil perhitungan tiang tunggal, daya dukung kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan metode *Converse-Labarre*. Dimensi tiang pancang yang digunakan berbentuk lingkaran dengan diameter 60cm dan panjang tiang 22m. Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan metode Meyerhoff, berdasarkan data sondir diperoleh nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 200,45 ton. Berdasarkan data *Standart Penetration Test* (SPT) diperoleh nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 260,10 ton. Sedangkan hasil daya dukung yang diperoleh dari data PDA test adalah 299,99 ton.

Kata kunci : Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang, Meyerhoff, *Converse-Labarre*

ABSTRACT

One of the important structures in a bridge construction is the foundation. Many things need to be considered when building a foundation, from choosing the type of foundation to calculating the foundation load. The purpose of this thesis is to analyze the strength of the pile foundation in the construction project of the Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi highway bridge. Calculation of the strength of the pile foundation is carried out by calculating the carrying capacity of single piles and the carrying capacity of group piles in one abutment. The bearing capacity of the pile foundation is calculated based on the data from the soil investigation test results, namely sondir, Standard Penetration Test (SPT) and Pile Driving Analyzer (PDA) using the Meyerhoff method. Based on the calculation of single piles, the bearing capacity of pile groups can be calculated using the Converse-Labarre method. The dimensions of the piles used are circular with a diameter of 60cm and a length of 22m. From the calculations that have been carried out using the Meyerhoff method, based on sondir data, the carrying capacity of a single pile is 200.45 tons. Based on the Standard Penetration Test (SPT) data, the single pile carrying capacity is 260.10 tons. While the results of the carrying capacity obtained from the PDA test data is 299.99 tons.

Key words : *Pile Foundation Bearing Capacity, Meyerhoff, Converse-Labarre*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur pekerjaan umum seperti pembangunan jalan bebas hambatan sekarang ini sudah mulai bertambah dan berkembang khususnya di kota-kota besar. Memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur tersebut, banyak hal yang perlu dipertimbangan, salah satunya adalah pondasi. Pondasi yang kuat akan menghasilkan bangunan yang kokoh. Kerena itu pemilihan jenis pondasi harus dapat dengan baik dipertimbangkan untuk menghasilkan bangunan yang kuat dan kokoh. Pondasi yang digunakan pada proyek pembangunan jembatan jalan bebas hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi adalah pondasi tiang pancang karena letak struktur tanah keras didapat pada kedalaman lebih dari 10 m dari permukaan tanah

Perencanaan pondasi tiang pancang perlu memperhitungkan besarnya daya dukung tanah. Apabila pondasi yang direncanakan tidak mencapai tanah keras, maka akan terjadi penurunan yang tidak merata yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Mengingat hal-hal tersebut, maka perencanaan struktur pondasi tiang pancang sangat dipengaruhi oleh tata cara pelaksanaan pemancangan pondasi itu sendiri, keadaan lapisan tanah, bahan tiang pancang, bentuk tiang, sehingga perencanaan pondasi tiang pancang benar-benar memerlukan analisa yang efektif.

Skripsi ini disajikan suatu analisa perhitungan kekuatan pondasi tiang pancang dengan menghitung besar daya dukung pondasi tiang tunggal

berdasarkan data hasil pengujian sondir, *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) dengan menggunakan metode Meyerhoff dan perhitungan daya dukung tiang kelompok dengan menggunakan metode *Converse-Labarre*.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari skripsi ini adalah menganalisa kekuatan tiang pancang terhadap daya dukung tiang pada proyek Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi. Tujuan dari skripsi ini yaitu:

1. Menghitung besar daya dukung tiang pancang berdasarkan data SPT, sondir dan PDA Test.
2. Menghitung efisiensi dan daya dukung kelompok tiang.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun masalah-masalah yang timbul menjadi dasar penulisan skripsi ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa besar daya dukung tiang tunggal berdasarkan data penyelidikan tanah SPT, Sondir dan PDA test?
2. Berapa besar daya dukung kelompok tiang pancang?

1.4 Batasan Masalah

Agar masalah tidak terlalu luas dan dapat fokus pada persoalan yang dibahas, maka perlu dibuat batasan pada skripsi ini. Adapun batasan masalah pada skripsi ini yaitu:

1. Struktur yang dianalisis adalah pondasi tiang pancang.
2. Perhitungan daya dukung tiang pancang di lokasi seksi tiga Perbarakan-Lubuk Pakam (*Pier 2*) STA 46+211.816
3. Spesifikasi material tiang pancang sesuai dengan SNI 03-2847-2002
4. Pembahasan pondasi tiang pancang pada Skripsi ini tidak membahas struktur atas konstruksi jembatan.
5. Analisa daya dukung pondasi diambil dari hasil penyelidikan tanah SPT (Standart Penetration Test), data sondir dan PDA Test.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang di dapat dari Analisis Kekuatan Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Jembatan Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi adalah sebagai berikut :

1. Bagi Penulis

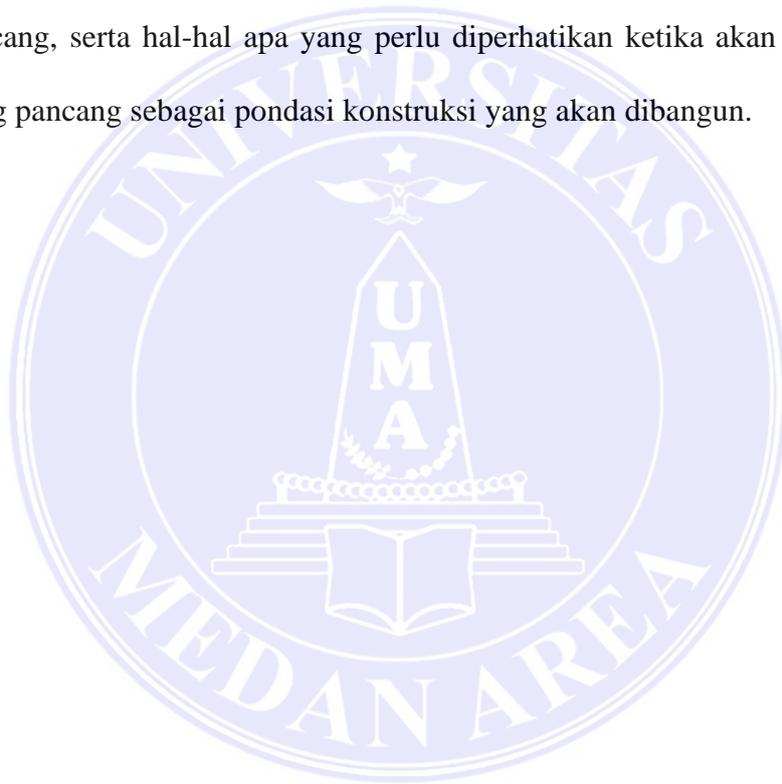
Penelitian ini bermanfaat bagi penulis untuk memahami dan mempelajari nilai daya dukung tiang pancang dari hasil penyelidikan tanah sondir, SPT dan PDA test. Serta penelitian ini bermanfaat bagi penulis untuk menambah pengetahuan agar kelak mampu melaksanakan dan menyelesaikan kegiatan yang sama.

2. Bagi Akademis

Penelitian ini bermanfaat dibidang akademis sebagai bahan referensi untuk pembahasan yang sama khususnya bagi mahasiswa/i fakultas teknik sipil dan pihak-pihak lain yang membutuhkan.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat luas guna menambah pengetahuan umum tentang pembangunan pondasi tiang pancang, fungsi dan kegunaan tiang pancang, serta hal-hal apa yang perlu diperhatikan ketika akan menggunakan tiang pancang sebagai pondasi konstruksi yang akan dibangun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam suatu penelitian diperlukan dukungan hasil penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Penulisan penelitian skripsi ini akan penulis kaitkan dengan beberapa karya ilmiah terdahulu, sehingga akan didapat keterkaitan dengan penelitian ini. adapun karya ilmiah yang dimaksud oleh penulis sebagai berikut :

- a) Jurnal ilmiah Ega Julia Fajarsari dengan judul: Perbandingan Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Bentuk Pondasi Menggunakan Data SPT Dan Sondir. Berdasarkan hasil penelitian dari jurnal tersebut untuk daya dukung tiang dengan kedalaman 9m diperoleh hasil data SPT pada BH-1 sebesar 55,58 ton serta nilai daya dukung yang diperoleh berdasarkan data Sondir pada S-4 sebesar 48,82 ton.
- b) Jurnal ilmiah Vivi Bacthiar dengan judul: Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data *Cone Penetration Test* (CPT) Dan *Pile Driven Analyzer* (PDA) Pada Tanah Lunak Di Kota Pontianak. Berdasarkan penelitian tersebut daya dukung tiang dari data hasil sondir pada titik Hotel Sondir 1 sebesar 346.33 kN dan daya dukung hasil PDA test sebesar 600 kN.
- c) Jurnal ilmiah Livia Teddy dengan judul: Evaluasi Pondasi Tiang Dengan *Pile Driven Analysis* (PDA) Di Kota Palembang. Hasil daya dukung tiang

berdasarkan data SPT pada titik B6 sebesar 237.9 ton dengan hasil PDA sebesar 418 ton.

Dari tinjauan tersebut dapat ditemukan titik persamaan dan perbedaan dari penelitian. Adapun persamaannya adalah sama-sama membahas tentang kekuatan daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir, SPT, dan PDA test. Perbedaannya terletak pada jenis tanah yang diteliti, lokasi penelitian, metode penelitian, kedalaman tiang, dan desain tiang pancang.

2.2 Pengertian Pondasi

Pondasi merupakan tahap awal dalam membangun sebuah bangunan. Pondasi berasal dari kata foundation, dalam bahasa keseharian masyarakat Indonesia pada umumnya menggunakan kata fondasi atau lebih sering disebut pondasi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008:414) yang menyatakan bahwa pondasi merupakan dasar bangunan yang kuat dan biasanya terletak di bawah permukaan tanah tempat bangunan didirikan. Semua konstruksi yang dirancang untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi.

Menurut Bowles, 1997 pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang menopang beban dan meneruskan beban serta beratnya sendiri kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Setiap bangunan sipil seperti gedung, jembatan, jalan terowongan, menara, dam/tanggul dan sebagainya harus mempunyai pondasi yang tepat untuk mendukung bangunan tersebut. Berikut ini pengertian dan definisi pondasi dari beberapa sumber buku:

- a) Menurut Sardjono (1988), pondasi adalah salah satu dari konstruksi bangunan yang terletak dibagian bawah sebuah konstruksi, pondasi mempunyai peran penting terhadap sebuah bangunan, dimana pondasi menanggung semua beban konstruksi bagian atas ke lapisan tanah yang berada di bagian bawahnya.
- b) Menurut Gunawan (1991), pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya.
- c) Menurut Hardiyatmo (2002), pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya.

Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan diatas tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan pondasi ke tanah tidak melebihi kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan beban pondasi melebihi kekuatan tanah, maka penurunan yang berlebihan dan keruntuhan dari tanah akan terjadi pada konstruksi bangunan yang berada di atas pondasi tersebut. Maka dari itu daya dukung pondasi untuk menopang bangunan di atasnya harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan (Braja M. Das).

Prinsip pondasi adalah pertama, harus sampai pada tanah keras. Kedua, apabila tidak ada tanah keras, maka harus ada pemadatan tanah atau perbaikan tanah. Pondasi berfungsi menopang bangunan diatasnya, maka proses

pembangunannya harus kuat, stabil, aman, agar tidak mengalami penurunan, dan tidak mengalami patah. Pondasi merupakan salah satu faktor yg terpenting dalam sebuah kekuatan bangunan. Perhitungan pondasi harus berdasarkan kondisi tanah di lapangan, dan untuk mengetahui kondisi tanah tersebut harus dilakukan penyelidikan tanah dengan menggunakan alat sondir maupun SPT (*Strandart Penetration Test*). Setelah data didapat, kemudian dilakukan perhitungan perencanaan pondasi.

Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, analisis tersebut meliputi:

- a) Kondisi atau jenis struktur atas.
- b) Beban-beban kerja pada struktur.
- c) Profil dari lapisan tanah tempat bangunan atau srtuktur tersebut berada.
- d) Kemungkinan yang akan menyebabkan terjadinya penurunan.

Hasil desain struktur pondasi yang optimal dapat menghasilkan biaya konstruksi yang minimal. Proses desain dari suatu struktur pondasi juga meliputi proses pengambilan keputusan mengenai pemilihan jenis pondasi, letak pada tanah, penentuan ukuran/dimensi pondasi tersebut hingga penentuan bagaimana pelaksanaan konstruksinya. Pada umumnya terdapat beberapa langkah yang perlu diambil pada suatu proses desain struktur pondasi diantaranya adalah penentuan beban rencana, penyelidikan tanah, pemilihan jenis pondasi, penentuan dimensi dan tahap konstruksi.

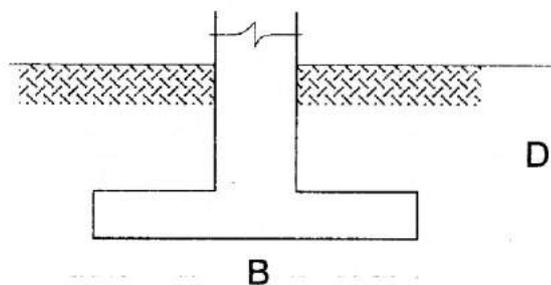
2.3 Jenis-Jenis Pondasi

Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah di sekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi. Menurut Gunawan (1991), secara umum pondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal merupakan pondasi yang hanya mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan. Sedangkan pondasi dalam adalah pondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam.

Secara umum penggolongan pondasi tergantung dari perbandingan kedalaman pondasi dan lebar pondasi dengan ketentuan:

- 1) Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$), maka disebut dengan pondasi dangkal.
- 2) Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah lebih lima kali dari lebar pondasi ($D > 5B$), maka disebut dengan pondasi dalam.

B = lebar pondasi, D = kedalaman pondasi, dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Pondasi

Sumber : Pengantar Teknik Pondasi, Ir. Gunawan

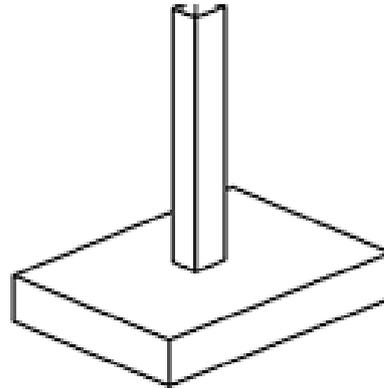
2.3.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. disebut juga dengan pondasi langsung. Pondasi ini digunakan apabila letak tanah keras yang mendukung beban terletak tidak dalam artinya dekat dengan permukaan tanah. Terzaghi mendefinisikan pondasi dangkal sebagai berikut :

- 1) Apabila kedalam pondasi lebih kecil atau sama dengan lebar fondasi, maka pondasi tersebut bisa dikatakan sebagai pondasi dangkal.
- 2) Anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur pondasi ke tanah dibawahnya berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi. Berikut ini yang termasuk jenis-jenis dari pondasi dangkal, yaitu:

1. Pondasi Telapak

Pondasi telapak adalah sebuah struktur beton bertulang yang dibuat layaknya sebuah telapak dan memiliki posisi di bawah sebuah kolom atau tiang pada sebuah bangunan. Pemanfaatan pondasi jenis ini juga digunakan pada bangunan bertingkat untuk memastikan kekuatan struktur bisa terpenuhi dengan baik. Setiap pondasi tentu dipilih menyesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi dari sebuah bangunan yang akan dibangun. Pondasi telapak dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Pondasi Telapak

Sumber : Pengantar Teknik Pondasi, Ir. Gunawan

Dibawah ini beberapa keunggulan dan kekurangan dari pondasi telapak:

Tabel 2.1 Keunggulan dan Kelemahan Pondasi Telapak

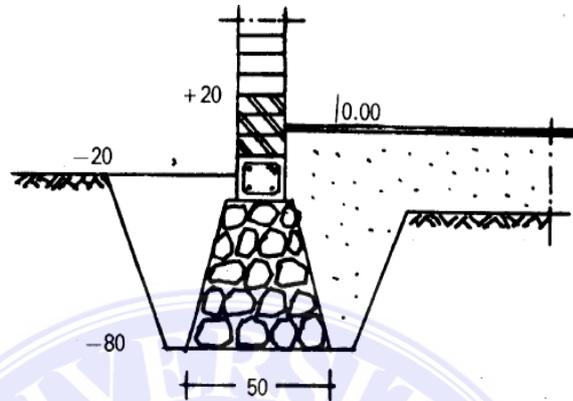
Keunggulan Pondasi Telapak	Kekurangan Pondasi Telapak
Biaya pembuatan pondasi yang jauh lebih murah dibandingkan jenis pondasi lainnya.	Proses pembuatan pondasi membutuhkan waktu yang sangat lama. Proses pengeringan juga harus dilakukan secara sempurna sebelum pembangunan bisa dilanjutkan
Pondasi ini sangat cocok untuk digunakan pada tanah keras yang letaknya tidak jauh dari permukaan tanah (dangkal).	Terdapat beberapa bagian pondasi yang harus dibuat dengan menggunakan cetakan khusus yang biasanya membutuhkan biaya yang sangat mahal.
Proses pembuatan dan pemasangan yang sangat sederhana dan tidak membutuhkan peralatan khusus.	Beton pondasi yang dicetak di luar tanah harus dibiarkan mengering terlebih dahulu supaya bisa dilepaskan dari cetakan dan dipindah ke dalam lubang galian.

Sumber : Ir. Gunawan, Teknik Pondasi

2. Pondasi Menerus (Pondasi Batu Kali)

Pondasi menerus adalah pondasi yang terbuat dari batu kali/batu gunung yang merupakan bagian dari struktur konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penahan beban bangunan yang disalurkan dari struktur atas seperti dinding,

atap dan jenis struktur lainnya ke bawah. Pondasi menerus dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Pondasi Menerus

Sumber: Teknik Pondasi I, Harry Christady Hardiyatmo

Ada beberapa keunggulan dan kekurangan dalam menggunakan pondasi menerus, diantaranya :

Tabel 2.2 Keunggulan dan Kelemahan Pondasi Menerus

Keunggulan Pondasi Menerus	Kekurangan Pondasi Menerus
Jika terjadi penurunan maka kemungkinan besar terjadi secara bersamaan dikarenakan beban bangunan tersalur merata ke tanah	Biaya konstruksi yang relatif lebih besar, dikarenakan dengan volume pondasi yang cukup besar dengan pembuatan pondasi tanpa terputus diperlukan biaya (cost) yang lebih banyak untuk membeli material dan ongkos pekerja.
Bahan atau material konstruksi pondasi yang realif mudah didapat seperti batu kali atau batu bata	Jika menggunakan batu bata dapat terjadi kemungkinan bata tersebut porous dan tidak kuat menahan beban, sehingga kemungkinan kerusakan pondasi bisa terjadi.

Sumber : Ir. Gunawan, Teknik Pondasi

3. Pondasi Cakar Ayam

Pondasi cakar ayam digunakan di daerah rawa atau tepatnya pada tanah dengan kapasitas dukung 1.5 – 3.5 ton / m². Dasar pemikiran pondasi cakar ayam adalah pemanfaatan karakteristik tanah yang tidak dimanfaatkan oleh sistem

pondasi lain, yaitu pemanfaatan adanya tekanan tanah pasif. Pondasi ini terdiri dari pelat beton bertulang dengan pipa-pipa beton yang dihubungkan secara monolit. Pelat beton tersebut akan mengapung di atas tanah rawa ataupun tanah lembek. Sedangkan kekakuannya diperoleh dari pipa beton bertulang yang berada di bawahnya yang dapat berdiri tegak akibat tekanan tanah pasif.

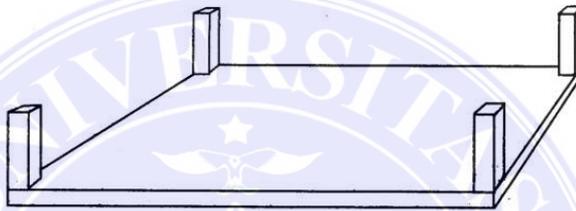
4. Pondasi Konstruksi Sarang Laba-laba

Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL) merupakan sistem pondasi bangunan bawah yang kokoh dan ekonomis, dengan memanfaatkan tanah sebagai bagian dari struktur pondasi. Sistem pondasi ini ditemukan pada tahun 1976 oleh Ir. Ryantori dan Ir. Sutjipto. Sistem pondasi ini mulai diterapkan di proyek-proyek sejak tahun 1978. Pondasi ini merupakan pondasi dangkal konvensional, kombinasi antara sistem pondasi plat beton pipih menerus dengan sistem perbaikan tanah. Ada dua prinsip yang dikembangkan pada KSSL ini yaitu Pertama, dengan memanfaatkan tanah sebagai bagian dari struktur pondasi. Pemanfaatan tanah yang mencapai 90% bahan konstruksi ini membuat KSSL menjadi lebih ekonomis, dengan menghemat penggunaan beton dan besi beton. Kedua, menyatukan elemen-elemen pada sistem pondasi menjadi satu kesatuan fungsi yang harmonis dan monolit. Dengan demikian jika terjadi penurunan yang terjadi bukan sebagian, tetapi seluruhnya.

5. Pondasi Rakit (Plat)

Pondasi rakit adalah sebuah pelat beton besar yang digunakan untuk menghubungkan permukaan antara satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis (jalur) dengan tanah dasar. Secara umum plat pondasi rakit dapat

dianalisis dengan dua anggapan. Pertama, plat pondasi rakit dianggap merupakan struktur yang fleksibel, berarti plat pondasi akan mengalami deformasi yang tidak sama akibat beban yang bekerja. Kedua, plat pondasi rakit dianggap merupakan struktur yang kaku yang berarti plat dianggap mengalami deformasi yang sama akibat beban yang bekerja. Pondasi rakit dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Pondasi Rakit (Plat)
Sumber : Pengantar Teknik Pondasi, Ir. Gunawan

Keunggulan dan kekurangan dari pondasi rakit adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Keunggulan dan Kelemahan Pondasi Rakit

Keunggulan Pondasi Rakit	Kekurangan Pondasi Rakit
Pondasi rakit sangat bagus digunakan pada tanah yang banyak mengandung air misalnya seperti tanah rawa.	Apabila tidak menggunakan grand anchor pondasi tersebut akan terangkat dan menyebabkan bangunan pondasi bergerak.
Struktur pada pondasi rakit mengalami deformasi yang tidak sama akibat beban yang bekerja, sehingga pondasi ini termasuk struktur yang fleksibel.	Pondasi ini kurang bagus dibangun pada tanah jenis tanah keras

Sumber: Ir. Gunawan, Teknik Pondasi

2.3.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan struktur bawah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari

6m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan tanah yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung beban struktur bangunan.

Jenis pondasi dalam biasanya dikerjakan dengan peralatan berat karena tidak dapat dikerjakan dengan tenaga manusia. Struktur pondasi dalam ini umumnya dibangun untuk membuat bangunan yang sangat besar, kondisi tanah yang buruk di kedalaman dangkal, dan akibat kondisi-kondisi tertentu. Kebanyakan pondasi dalam dibuat dengan metode tumpukan, kotak, tiang jembatan, atau poros dibor. Berikut ini yang merupakan jenis-jenis dari pondasi dalam yaitu:

a) Pondasi Tiang *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, Hary Christady. 2010). Pemasangan pondasi *bored pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan *temporary casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

Pondasi ini digunakan untuk memindahkan beban berat bangunan ke tanah atau lapisan batuan yang lebih keras. Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara menggali sebuah lubang dengan alat bor yang kemudian diisi dengan material beton dengan memasukkan tulangan besi yang telah dirakit terlebih dahulu.

Pondasi *bored pile* digunakan apabila tanah dasar mempunyai daya dukung yang besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15m.

Daya dukung pondasi *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adesi antara bored pile dan tanah disekelilingnya. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor.

b) Pondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah yang terletak pada kedalaman tertentu. Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada di bawah dasar bangunan tidak memiliki daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya. (Sardjono HS, 1998)

Bahan utama dari tiang pancang adalah kayu, baja (*steel*), dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, dibor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan *pile cap* (*poer*). Tergantung pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda. Tujuan dari pondasi tiang pancang adalah untuk

menyalurkan beban pondasi dan menahan beban vertikal, lateral, dan beban uplift. Kriteria pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi bangunan sangat tergantung pada kondisi sebagai berikut:

1. Tanah dasar di bawah bangunan tidak mempunyai daya dukung (misalnya pembangunan lepas pantai).
2. Tanah dasar di bawah bangunan tidak mampu memikul bangunan yang ada di atasnya atau tanah keras yang mampu memikul beban tersebut jauh dari permukaan tanah.
3. Pembangunan di atas tanah yang tidak rata.
4. Memenuhi kebutuhan untuk menahan gaya desak keatas (*uplift*).

Suatu bangunan akan tetap berdiri tegak apabila tanah dasar dibawahnya cukup kuat untuk mendukungnya. Beban bangunan dilimpahkan ketanah dasar melalui pondasi bangunan, karena itu letak pondasi bangunan harus baik dan kokoh didalam tanah sesuai dengan kondisi tanahnya, sedangkan konstruksi itu sendiri harus cukup kokoh untuk menerima beban-beban dan melimpahkannya pada tanah dasar. Konstruksi pondasi juga dipilih yang ekonomis yaitu menekan biaya pembangunan dan pemeliharaannya serendah mungkin dengan tanpa mengurangi kekokohnya.

Tanah harus cukup kuat menahan gaya-gaya yang menimbulkan penurunan dan pergeseran pondasi. Besarnya daya dukung tanah tergantung dari sifat-sifat fisik dan mekanik tanah. Pemilihan pondasi yang sebaik-baiknya akan memerlukan pengetahuan cukup tentang sifat dan kekakuan tanah, konstruksi pondasi, cara-cara pembuatan pondasi, bahan bangunan dan juga perhitungan

kekokohan. Pemilihan tipe tiang pancang pada umumnya didasarkan atas tiga faktor pokok, yaitu sebagai berikut:

1. Lokasi dan tipe bangunan (*location & structure*)
2. Keadaan tanah (*subsurface condition*)
3. Ketahanan tiang (*durability*)

Pembagian jenis-jenis tiang pancang menurut material bahan terdiri dari beberapa bagian yaitu:

1) Tiang pancang kayu

Pemakaian tiang pancang kayu ini adalah cara tertua dalam penggunaan tiang pancang sebagai pondasi. Tiang kayu akan bertahan lama dan tidak mudah busuk apabila tiang kayu tersebut dalam keadaan selalu terendam penuh di bawah muka air tanah. Tiang pancang dari kayu akan lebih cepat rusak atau busuk apabila dalam keadaan kering dan basah yang selalu berganti-ganti, kayu biasanya tidak diizinkan untuk menahan muatan lebih besar dari 25-30 ton untuk setiap tiang. Tidak semua kayu dapat dijadikan sebagai tiang pancang, sehingga untuk memilih kayu yang akan dijadikan sebagai tiang pancang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Bahan kayu yang digunakan harus cukup tua.
2. Kayu berkualitas baik dan tidak cacat.
3. Untuk material kayu yang lunak harus dilakukan proses pengawetan sesuai dengan AASHTO M133-86 tentang “Spesifikasi Standart Untuk Pengawetan dan Proses Pengobatan Tekanan Untuk Kayu”.

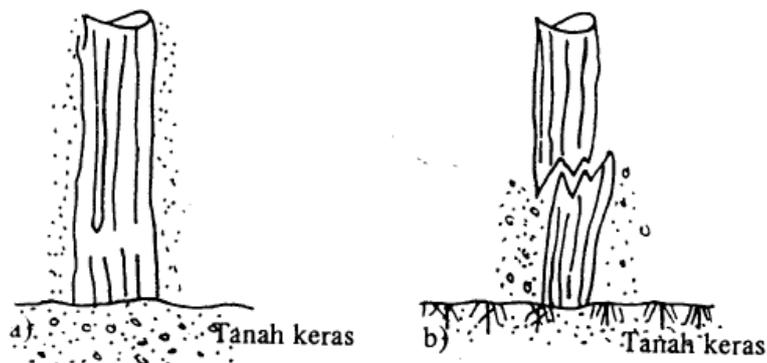
4. Kayu yang akan digunakan sebagai tiang pancang harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipancang untuk memastikan bahwa tiang pancang kayu tersebut memenuhi ketentuan dari bahan dan toleransi yang diijinkan.

Penggunaan tiang pancang kayu sangat tepat diterapkan untuk daerah rawa dan daerah-daerah yang banyak terdapat hutan kayu seperti daerah Kalimantan, sehingga lebih mudah untuk memperoleh balok atau tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar yang dapat digunakan sebagai tiang pancang. Dalam penggunaan tiang pancang kayu sebagai pondasi suatu bangunan, didapatkan beberapa keuntungan yaitu :

1. Tiang pancang dari kayu lebih ringan sehingga mudah dalam mobilisasi atau pengangkutan.
2. Kekuatan tarik besar, sehingga pada waktu pengangkatan untuk pemancangan tidak menimbulkan kesulitan seperti misalnya pada tiang pancang beton precast.
3. Mudah dalam pemotongannya apabila tiang pancang kayu tersebut sudah tidak dapat masuk ke dalam tanah.
4. Tiang pancang kayu lebih baik sebagai *friction pile* dari pada untuk *end bearing pile* , sebab tegangan tekanannya relatif kecil.
5. Tiang pancang kayu relatif fleksibel terhadap arah horizontal dibandingkan dengan jenis tiang-tiang pancang selain dari material kayu.

Disamping kelebihan yang ada, tiang pancang dari bahan kayu juga memiliki kelemahan/kekurangan, yaitu:

1. Tiang pancang kayu harus selalu terletak di bawah muka air tanah yang terendah agar dapat tahan lama, sehingga jika air tanah yang terendah terletak pada kedalaman yang sangat dalam maka akan menambah biaya untuk penggalian itu sendiri dan kayu yang dibutuhkan semakin panjang.
2. Tiang pancang yang dibuat dari kayu mempunyai umur yang relatif kecil di dibandingkan dengan tiang pancang yang terbuat dari baja atau beton terutama pada daerah yang muka airnya sering naik dan turun.
3. Pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatu (*gravel*) ujung tiang pancang kayu dapat berubah bentuk berupa sapu atau hancur. Apabila tiang tersebut kurang lurus, maka pada waktu dipancarkan akan menyimpang terhadap arah yang telah ditentukan.
4. Tiang pancang kayu tidak tahan terhadap benda-benda yang agresif dan jamur dapat menyebabkan kebusukan pada tiang pancang. Tiang pancang kayu dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.



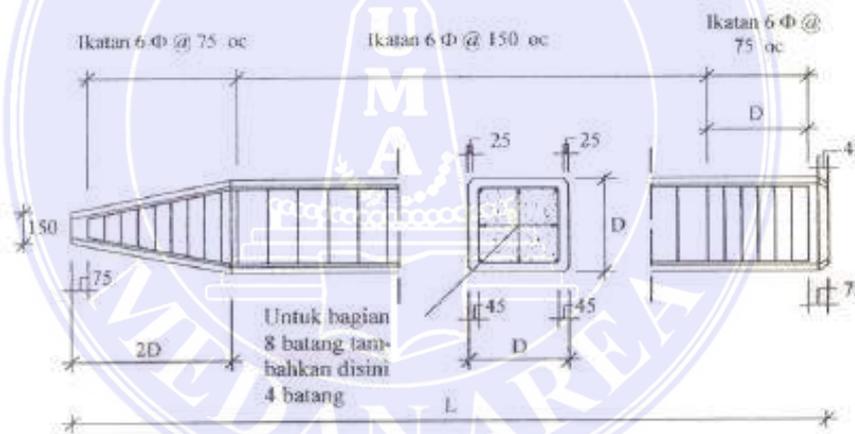
Gambar 2.5 Tiang Pancang Kayu

Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

2) Tiang Pancang Beton

a. *Precast Reinforced Concrete Pile*

Precast Reinforced Concrete Pile adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar tiang >50 ton untuk setiap tiang. Dimensi tiang pancang beton jenis *precast reinforced concrete pile* dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.

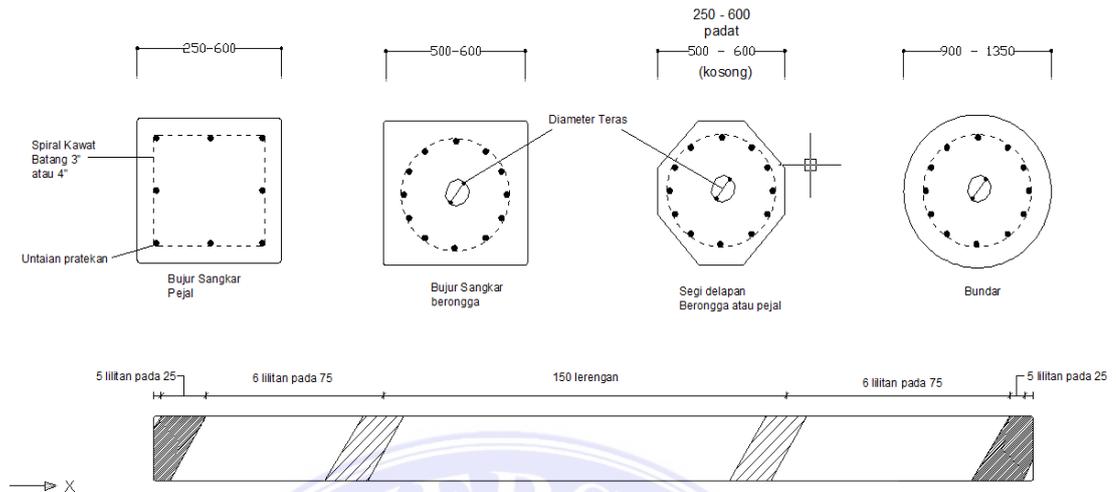


Gambar 2.6 Tiang Pancang *Precast Reinforced Concrete Pile*

Sumber: Bowles, 1991

b. *Precast Prestressed Concrete Pile*

Precast Prestressed Concrete Pile adalah tiang pancang dari beton prategang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya. Dimensi tiang pancang beton jenis *precast prestressed concrete pile* dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Tiang Pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*
 Sumber: Bowles, 1991

Keuntungan pemakaian *Precast Prestressed Concrete Pile*:

- Kapasitas beban pondasi yang dipikulnya tinggi.
- Tiang pancang tahan terhadap karat.
- Kemungkinan terjadinya pemancangan keras dapat terjadi.

Kerugian pemakaian *Precast Prestressed Concrete Pile*:

- Pondasi tiang pancang sukar untuk ditangani.
- Biaya permulaan dari pembuatannya tinggi.
- Pergeseran cukup banyak sehingga prategang sukar untuk disambung

c) *Cast in Pile*

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan jalan dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah. Pada *Cast in Place* ini dapat dilaksanakan dua cara:

1. Dengan pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa tersebut ditarik keatas.

2. Dengan pipa baja yang di pancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton, sedangkan pipa tersebut tetap tinggal di dalam tanah.

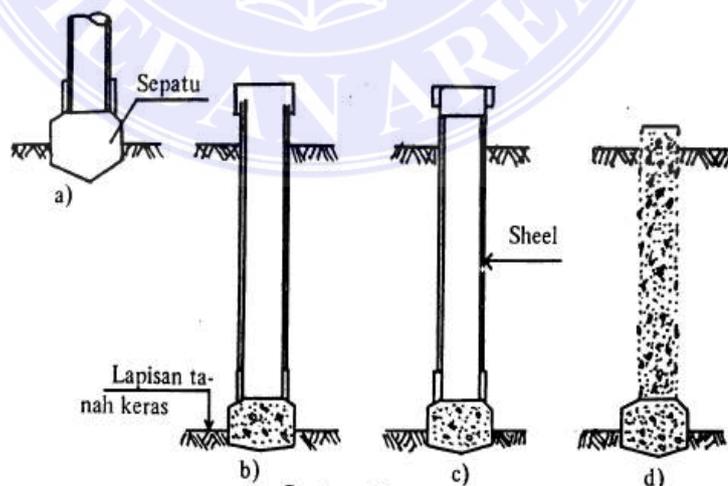
Keuntungan pemakaian *Cast in Place* yaitu:

- a) Pembuatan tiang tidak menghambat pekerjaan.
- b) tiang ini tidak perlu diangkat, jadi tidak ada resiko rusak dalam transport.
- c) Panjang tiang dapat disesuaikan dengan keadaan dilapangan.

Kerugian pemakaian *Cast in Place*:

- a) Pada saat penggalian lubang, membuat keadaan sekelilingnya menjadi kotor akibat tanah yang diangkat dari hasil pengeboran tanah tersebut.
- b) Pelaksanaannya memerlukan peralatan yang khusus.
- c) Beton yang dikerjakan secara *Cast in Place* tidak dapat dikontrol.

Jenis tiang pancang *Cast in Pile* dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 *Cast in pile*

Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

3) Tiang Pancang Baja

Kebanyakan tiang pancang baja berbentuk profil H. Karena terbuat dari baja maka kekuatan dari tiang ini sendiri sangat besar sehingga dalam pengangkatan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah seperti halnya pada tiang beton precast. Jadi pemakaian tiang pancang baja ini akan sangat bermanfaat apabila kita memerlukan tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar. Tingkat karat pada tiang pancang baja sangat berbeda-beda terhadap tekstur tanah, panjang tiang yang berada dalam tanah dan keadaan kelembaban tanah.

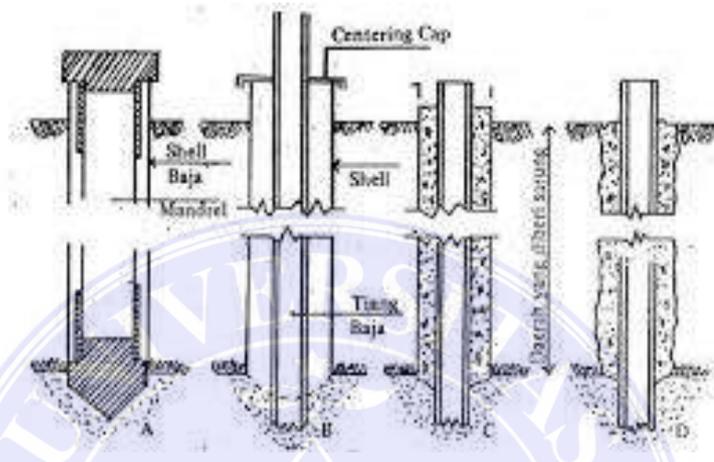
Pada umumnya tiang pancang baja akan berkarat di bagian atas yang dekat dengan permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena *Aerated-Condition* (keadaan udara pada pori-pori tanah) pada lapisan tanah tersebut dan adanya bahan-bahan organis dari air tanah. Hal ini dapat ditanggulangi dengan memoles tiang baja tersebut dengan *coaltar* atau dengan sarung beton sekurang-kurangnya 20” (± 60 cm) dari muka air tanah terendah. Karat / korosi yang terjadi karena udara (*atmosphere corrosion*) pada bagian tiang yang terletak di atas tanah dapat dicegah dengan pengecatan seperti pada konstruksi baja biasa. Tiang pancang baja dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Keuntungan pemakaian Tiang Pancang Baja:

- a) Tiang pancang ini mudah dalam dalam hal penyambungannya.
- b) Tiang pancang ini memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi.
- c) Dalam hal pengangkatan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah.

Kerugian pemakaian Tiang Pancang Baja:

- a) Tiang pancang ini mudah mengalami korosi.
- b) Bagian H pile dapat rusak atau di bengkokan oleh rintangan besar.



Gambar 2.9 Tiang Pancang Baja
Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

4) Tiang Pancang Komposit

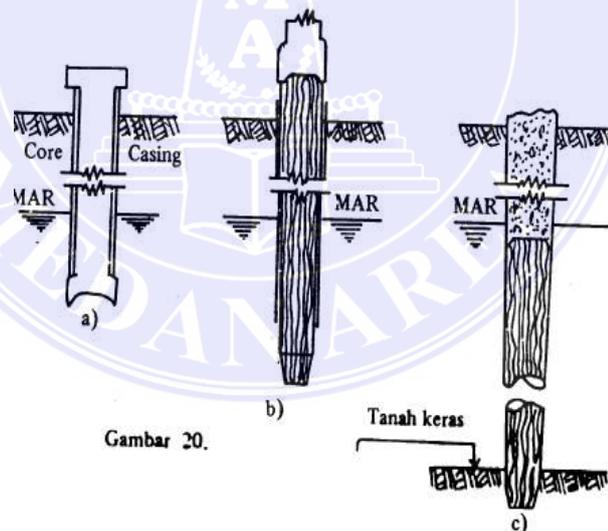
Tiang pancang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Kadang-kadang pondasi tiang dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bagian bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan bahan beton diatas muka air tanah dan bahan kayu tanpa perlakuan apapun disebelah bawahnya. Biaya dan kesulitan yang timbul dalam pembuatan sambungan menyebabkan cara ini diabaikan.

a) *Water Proofed Steel and Wood Pile.*

Tiang ini terdiri dari tiang pancang kayu untuk bagian yang dibawah permukaan air tanah sedangkan bagian atas adalah beton. Kita telah mengetahui bahwa kayu akan tahan lama/awet bila terendam air, karena

itu bahan disini diletakkan dibagian bawah yang mana selalu terletak dibawah ait tanah.

Cara pelaksanaannya adalah *Casing* dan *core* dipancang bersamaan kedalam tanah sehingga mencapai kedalaman yang telah ditentukan untuk meletakkan tiang pancang tersebut dan harus terletak dibawah muka air tanah yang terendah, kemudian *core* ditarik keatas dan tiang pancang kayu dimasukkan kedalam *casing* dan terus dipancang hingga mencapai lapisan tanah keras, setelah mencapai lapisan tanah keras, pemancangan dihentikan dan *core* ditarik keluar dari *casing*. Kemudian beton dicor kedalam casing sampai penuh terus dipadatkan dengan menumbukkan *core* kedalam *casing*.



Gambar 2.10 Tiang pancang *water proofed steel and wood pile*
Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

b) *Composite Dropped in – Shell and Wood Pile*

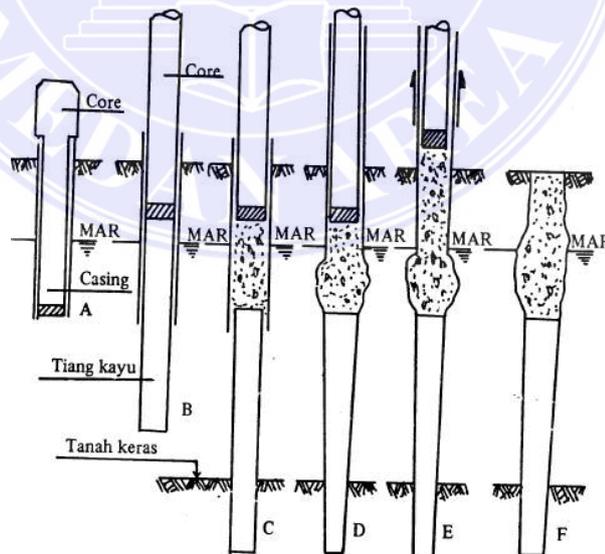
Tipe tiang ini hampir sama dengan tipe diatas hanya bedanya disini memakai *shell* yang terbuat dari bahan logam tipis permukaannya diberi

alur spiral. Secara singkat pelaksanaannya sebagai berikut, *Casing* dan *core* dipancang bersama-sama sampai mencapai kedalaman yang telah ditentukan dibawah muka air tanah, setelah mencapai kedalaman yang dimaksud *core* ditarik keluar dari *casing* dan tiang pancang kayu dimasukkan dalam casing terus dipancang sampai mencapai lapisan tanah keras. Pada pemancangan tiang kayu ini harus diperhatikan benar-benar agar kepala tiang tidak rusak atau pecah, setelah mencapai lapisan tanah yang keras *core* ditarik keluar lagi dari *casing*, kemudian shell berbentuk pipa yang diberi alur spiral dimasukkan dalam *casing*. Pada ujung bagian bawah *shell* dipasang tulangan berbentuk sangkar yang mana tulangan ini dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat masuk pada ujung tiang atas tiang pancang kayu tersebut, beton kemudian dicor kedalam *shell*. Setelah *shell* cukup penuh dan padat *casing* ditarik keluar sambil *shell* yang telah terisi beton tadi ditahan dengan cara meletakkan *core* diujung atas *shell*.

c) *Composite ungrouted-concrete and wood pile*

Dasar pemilihan tiang ini adalah lapisan tanah keras dalam sekali letaknya sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan *cast in place concrete pile*. Sedangkan kalau menggunakan *precast concrete pile* akan terlalu panjang sehingga akan sulit dalam pengangkutan dan biayanya juga akan lebih besar. Muka air tanah terendah sangat dalam sehingga apabila kita menggunakan tiang pancang kayu akan memerlukan galian yang sangat besar agar tiang pancang kayu tersebut selalu dibawah muka air tanah terendah.

Cara pelaksanaan tiang ini adalah sebagai berikut *Casing* baja dan *core* dipancang kedalam tanah hingga mencapai kedalaman yang telah ditentukan dibawah muka air tanah, kemudian *core* ditarik keluar dari *casing* dan tiang pancang kayu dimasukkan dalam *casing* terus dipancang sampai mencapai lapisan tanah keras, setelah sampai pada tanah yang keras *core* dikeluarkan lagi dari casing dan beton dicor sebagian kedalam *casing*, kemudian *core* dimasukkan lagi kedalam *casing*, beton ditumbuk dengan *core* sambil casing ditarik keatas sampai jarak tertentu sehingga terjadi bentuk beton yang menggelembung seperti bola diatas tiang pancang kayu tersebut, *core* ditarik lagi keluar dari casing dan casing diisi dengan beton lagi sampai padat setinggi beberapa cm diatas permukaan tanah. Kemudian beton ditekan dengan *core* kembali sedangkan casing ditarik keatas sampai keluar dari tanah.



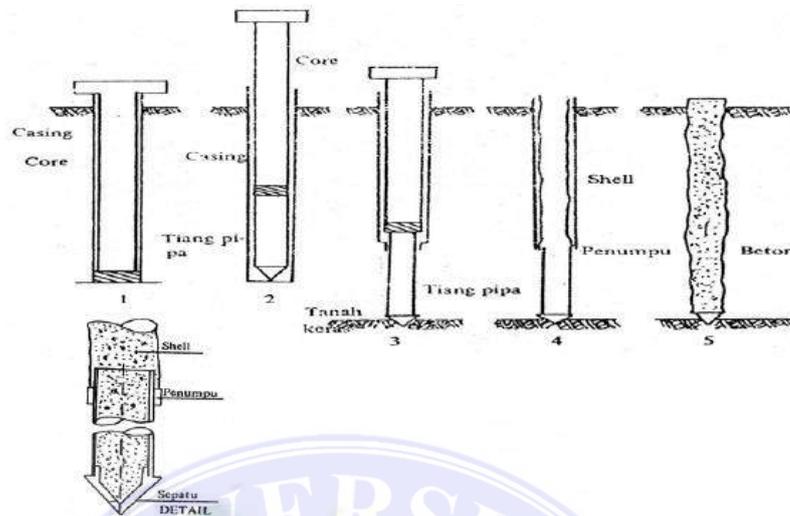
Gambar 2.11 Tiang pancang *composite*

Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

d) *Composite dropped – shell and pipe pile*

Dasar pemilihan tiang ini adalah lapisan tanah keras terlalu dalam letaknya bila digunakan *cast in place concrete pile*, letak muka air tanah terendah sangat dalam apabila kita menggunakan tiang *composite* yang bawahnya dari tiang pancang kayu.

Cara pelaksanaan tiang ini adalah sebagai berikut casing dan core dipancang bersamaan sehingga *casing* hampir seluruhnya masuk kedalam tanah. Kemudian *core* ditarik keluar dari *casing*, tiang pipa baja dengan dilengkapi sepatu pada ujung bawah dimasukkan dalam *casing* terus dipancang dengan pertolongan *core* sampai ke tanah keras, setelah sampai pada tanah keras kemudian *core* ditarik ke atas kembali, kemudian shell yang beralur pada dindingnya dimasukkan dalam casing hingga bertumpu pada penumpu yang terletak di ujung atas tiang pipa baja. Bila diperlukan pembesian maka besi tulangan dapat dimasukkan dalam shell dan kemudian beton dicor sampai padat, shell yang terisi dengan beton ditahan dengan *core* sedangkan *casing* ditarik keluar dari tanah.

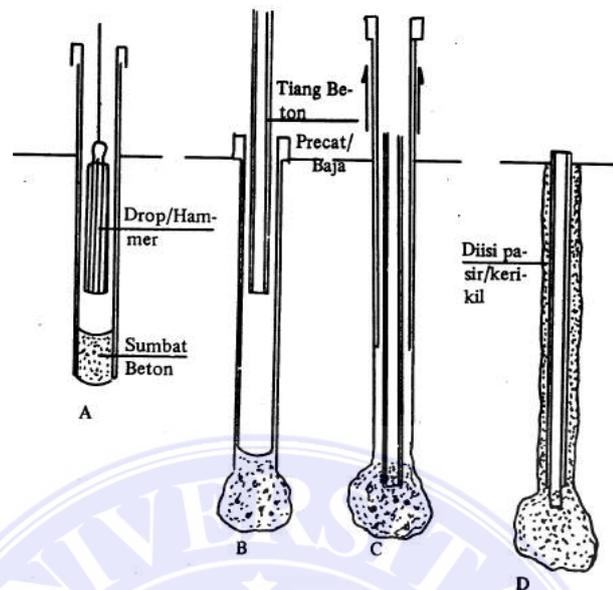


Gambar 2.12 Tiang pancang *composite dropped*
Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

e) *Franki composite pile*

Prinsip kerjanya hampir sama dengan tiang *franki* biasa, hanya saja pada *franki composite pile* ini pada bagian atasnya dipergunakan tiang beton *precast* biasa atau tiang profil H dari baja.

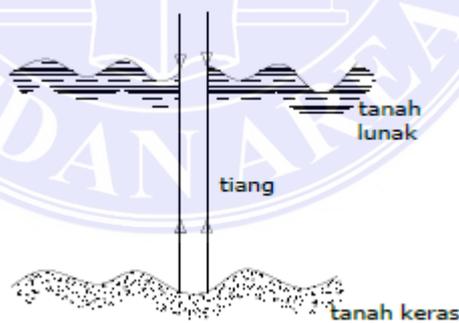
Cara pelaksanaan tiang ini adalah pipa dengan sumbat beton yang dicor lebih dahulu pada ujung pipa baja dipancang dalam tanah dengan *drop hammer* sampai pada tanah keras, setelah pemancangan mencapai kedalaman yang telah direncanakan pipa diisi lagi dengan beton dan terus ditumbuk dengan *drop hammer* sambil pipa ditarik lagi keatas sedikit sehingga terjadi bentuk beton seperti bola, setelah tiang beton *precast* atau tiang baja H masuk dalam pipa sampai bertumpu pada bola beton pipa ditarik keluar dari tanah, rongga disekitar tiang beton *precast* atau tiang baja H diisi dengan kerikil atau pasir.



Gambar 2.13 Tiang pancang *franki*
 Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid I

5) Pondasi Tiang Tahanan Ujung (*End Bearing Pile*)

Tiang ini akan meneruskan beban melalui tahanan ujung tiang ke lapisan tanah pendukung.

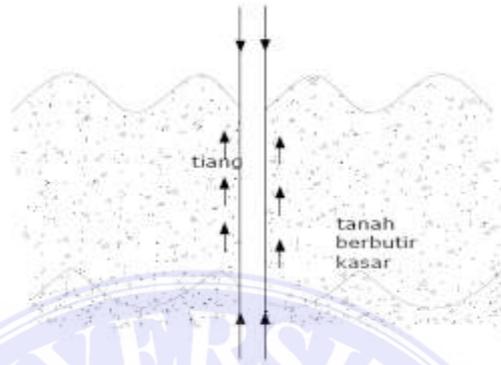


Gambar 2.14 Pondasi Tiang pancang end bearing
 Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang jilid I

6) Tiang Pancang Tahanan Gesekan (*Friction Pile*)

Jenis tiang pancang ini akan meneruskan beban ke tanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah disekelilingnya. Bila butiran tanah sangat halus tidak menyebabkan tanah diantara tiang-tiang menjadi padat, sedangkan bila

butiran tanah kasar maka tanah diantara tiang-tiang menjadi padat, sedangkan bila butiran tanah kasar maka tanah diantara tiang akan semakin padat.

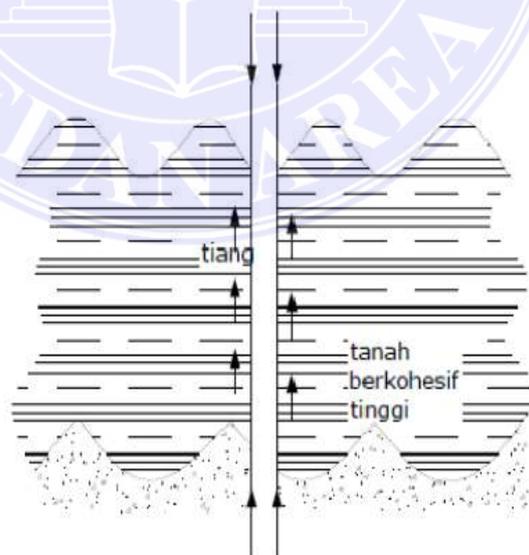


Gambar 2.15 Friction pile

Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang jilid I

7) Tiang Pancang Tahanan Lekatan (*Adhesive Pile*)

Bila tiang dipancangkan pada dasar tanah pondasi yang memiliki nilai kohesi tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh lekatan antara tanah disekitar dan permukaan tiang.



Gambar 3.16 Adhesive pile

Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang jilid

2.4 Penyelidikan Tanah

Tanah merupakan campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan-bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan campuran air. Material ini berasal dari hasil pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia yang sebagian partikel-partikel tersebut adalah kerikil, lanau, lempung dan sebagainya. Tanah terdiri dari butiran partikel padat disertai air dan udara yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. (Hary Christady Hardyatmo).

Tanah sebagai media pendukung pondasi mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan jenis dan keadaan tanahnya. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain: ukuran butiran, berat jenis, kadar air, kerapatan, angka pori, dan lain sebagainya yang dapat diketahui melalui penyelidikan tanah. Tanah mempunyai sifat kemampatan yang sangat besar jika dibandingkan bahan konstruksi seperti baja atau beton. Hal ini disebabkan karena tanah mempunyai rongga pori yang besar, sehingga bila dibebani melalui pondasi maka akan mengakibatkan perubahan struktur tanah (deformasi) dan terjadi penurunan pondasi.

Keadaan kekuatan tanah sebagai dasar pondasi tergantung pada susunan struktur lapisan tanah yang dipengaruhi cuaca, curah hujan dan faktor lainnya. Semakin heterogen struktur tanah, semakin sulit perencanaan pondasi tersebut. Kekuatan tanah dapat diselidiki dengan berbagai cara, antara lain : kedalaman dan ketebalan lapisan tanah, tegangan tanah yang diijinkan, dan sifat-sifat lapisan tanah.

Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan tanah agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak mengalami penurunan (*settlement*) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan tanah yang cukup padat (tanah keras). Untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah keras dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*) dan daya dukung pondasi yang diizinkan maka perlu dilakukan penyelidikan tanah yang mencakup penyelidikan baik di lapangan (lokasi/rencana bangunan) dan penelitian di laboratorium. Uji penyelidikan tanah adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dasar untuk pondasi yang akan digunakan pada konstruksi, serta mengetahui korosifitas tanah.

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis pondasi yang tepat untuk digunakan pada konstruksi bangunan dan mengetahui perlakuan terhadap tanah agar daya dukung tanah dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dari penyelidikan tanah dapat diperoleh jenis pondasi yang tepat, aman dan ekonomis untuk konstruksi tersebut. Jadi penyelidikan tanah sangat penting dan mutlak dilakukan sebelum struktur itu mulai dikerjakan. Dengan mengetahui kondisi daya dukung tanah perencanaan struktur yang kokoh dan tahan gempa dapat diperoleh.

Tujuan penyelidikan tanah menurut Hary Christady Hardiyatmo (Teknik Pondasi I, 1996) :

1) Menentukan daya dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih.

- 2) Menentukan tipe dan kedalaman pondasi
- 3) Mengetahui posisi muka air tanah
- 4) Untuk merencanakan besarnya penurunan tanah
- 5) Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah
- 6) Menyelidiki keamanan struktur bangunan
- 7) Pada proyek jalan raya dan irigasi, penyelidikan tanah berguna untuk menentukan letak-letak saluran, gorong-gorong, penentuan lokasi dan macam bahan timbunan.

Kondisi tanah dasar pondasi dapat diperoleh dengan cara menggali lubang secara langsung dipermukaan tanah atau dengan cara pengeboran tanah. Penyelidikan secara lengkap dengan pengeboran tanah diikuti dengan pengujian-pengujian di laboratorium. Penyelidikan tanah biasanya terdiri dari 3 tahap, yaitu: pengeboran atau penggalian lubang cobaaan, pengambilan contoh tanah (*sampling*), dan kemudian pengujian contoh tanah tersebut. Pengujian tanah dapat dilakukan di laboratorium atau di lapangan. Pengambilan contoh tanah dapat dilakukan pada jarak kedalaman 0,75m – 1,5m (Hary Christady Hardiyatmo).

2.4.1 Pengujian Sondir

Pengujian sondir merupakan salah satu pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Hal ini dimaksudkan agar dalam mendesain pondasi yang akan digunakan sebagai penyokong kolom bangunan di atasnya memiliki faktor Keamanan (*safety factor*) yang tinggi

sehingga bangunan di atasnya tetap kuat dan tidak mengalami penurunan atau *settlement* yang dapat membahayakan dari sisi keselamatan akan bangunan. Sondir adalah alat berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Biasanya dipakai adalah bi-conus tipe *Begemann* yang dilengkapi dengan selimut/jacket untuk mengukur hambatan pelekat lokal (side friction) dengan dimensi sbb :

1. Sudut kerucut konus : 60°
2. Luas penampang konus : 10.00cm²
3. Luas selimut/jacket : 150cm²

Besaran penting yg diukur pada uji sondir adalah perlawanan ujung yg diambil sebagai gaya penetrasi per satuan luas penampang ujung sondir (q_c). Besarnya gaya ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Data hasil pengujian sondir disajikan dalam bentuk tabel serta dalam bentuk kurva. Berdasarkan data hasil uji sondir selanjutnya dapat diperkirakan karakteristik lapisan tanah yang ada di lokasi pengujian. Lapisan tanah tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan nilai rata-rata q_c -nya yaitu :

Tabel 2.4 Karakteristik Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai q_c

Jenis Lapisan Tanah	Q_c (kg/cm ²)
Tanah Lunak (Soft)	0-10
Tanah sedang (Medium Stiff)	10-20
Tanah Kaku (Stiff)	20-50
Tanah Sangat Kaku (Hard)	50-100

Sumber : Ir. Suyono Sosrodarsono, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi

Lapisan tanah dan daya dukung dapat diketahui dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung (q_c) dan gesekan selimutnya (f_s). Prosedur pengujian

Sondir mengacu pada SNI 2827:2008. Dimana nilai perlawanan conus (q_c) dan nilai hambatan pelekat atau *side friction* (f_s) diamati setiap interval kedalaman 20cm dengan kecepatan penetrasi saat pembacaan nilai q_c dan f_s , diusahakan konstan yaitu kurang lebih 2cm/detik. Sondir menurut kapasitasnya dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Sondir ringan, memiliki kapasitas 0-250 kg/cm² dengan kedalaman 30 m.
2. Sondir berat, memiliki kapasitas 0-600 kg/cm² dengan kedalaman 50 m.

Sondir menurut jenis alat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Sondir mekanis. Sondir yang menghasilkan nilai tahanan ujung (q_c) dan gesekan selimut (f_s) mengacu pada ASTM D3441.
2. Sondir elektrik. Sondir yang menghasilkan nilai tahanan ujung (q_c), gesekan selimut (f_s) dan tekanan air pori (u) mengacu pada ASTM D5778.

2.4.2 Pengujian SPT (*Standard Penetration Test*)

SPT (*standard penetration test*) adalah metode pengujian di lapangan dengan memasukkan sebuah *Split Spoon Sampler* (tabung pengambilan contoh tanah yang dapat dibuka dalam arah memanjang) dengan diameter 50 mm dan panjang 500 mm. *Split spoon sampler* dimasukkan (dipancangkan) ke dalam tanah bagian dasar dengan membuat sebuah lubang bor. Uji *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan pada setiap lubang bor dengan interval pengujian setiap 2,0 m. Pada uji SPT, indikasi tanah keras diartikan sebagai lapisan tanah dengan nilai SPT di atas 50 pukulan / 30,0 cm sebanyak 3 kali pada tiga kedalaman berturut-turut.

Prinsip pelaksanaan uji penetrasi standar (SPT) yaitu dengan memukul sebuah tabung standar kedalam lubang bor sedalam 450 mm menggunakan palu 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm. Pelaksanaan dilakukan dalam tiga tahap yang mana tahap pertama merupakan dudukan sementara, jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT dinyatakan dalam pukulan per 30 cm. Pengujian SPT mengacu pada SNI 4153:2008 dan ASTM D1586-67. Adapun keuntungan dan kekurangan dari penggunaan test ini adalah menurut Hardiyatmo, H.C. 2002 :

Keuntungannya:

- a. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah secara visual,
- b. Dapat digunakan untuk mendapatkan parameter secara kualitatif melalui korelasi empiris,
- c. Test ini dapat dilakukan dengan cepat dan pengoperasian yang sederhana,
- d. Biaya yang digunakan relatif murah,
- e. Prosedur pengujian sederhana dapat dilakukan secara manual,
- f. Uji SPT pada pasir, hasilnya dapat langsung digunakan untuk memprediksi kerapatan relative dan kapasitas daya dukung tanah.

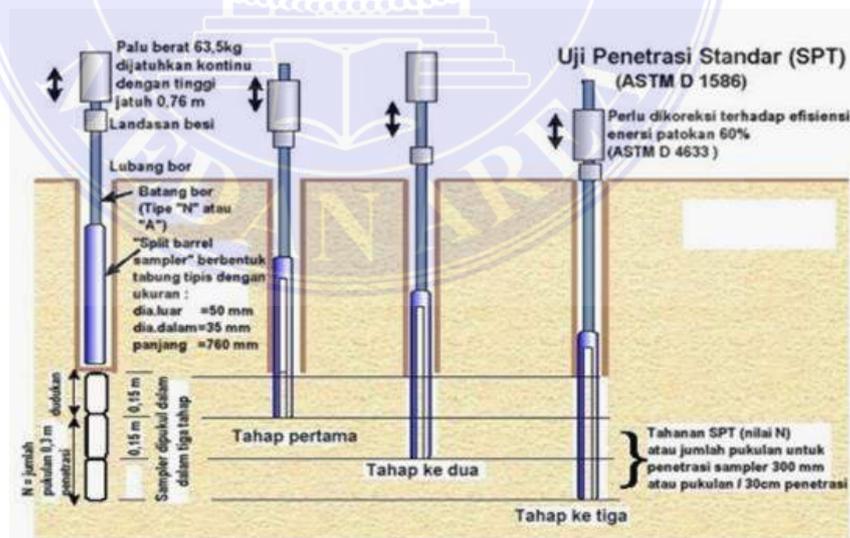
Kekurangannya:

- a. Profil kekuatan tanah tidak menerus,
- b. Perlu ketelitian dalam pelaksanaan test ini,
- c. Hasil yang didapat merupakan contoh tanah terganggu

d. Interpretasi hasil SPT bersifat empiris. Untuk tanah pasir, maka nilai N-SPT mencerminkan kepadatannya yang dapat pula diprediksi besar sudut geser dalam (ϕ) dan berat isi tanah (γ), kapasitas daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Sedangkan pada tanah lempung, hasil SPT dapat menentukan secara empiris konsistensi tanah, kapasitas daya dukung pondasi dan penurunan pondasi. Hasil SPT pada tanah lempung ini tidak begitu dapat diandalkan karena umumnya tanah lempung mempunyai butiran halus dengan penetrasi yang rendah, sehingga pada tanah lempung ditentukan berdasarkan kekuatan gesernya yang dapat diperoleh dari uji tekan bebas (*Unconfined Compression Test*).

e. Ketergantungan pada operator dalam menghitung.

Pengujian *Standart Penetration Test* dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Skema Urutan Standard Penetration Test

Sumber : SNI 4153-2008

Pada proses perencanaan pondasi nilai N hasil pengujian SPT digunakan sebagai indikasi kemungkinan keruntuhan yang akan terjadi (Terzaghi dan Peck,

1948). Selain itu nilai N dapat digunakan untuk menggolongkan kerapatan relatif tanah. Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian mengenai hubungan nilai N terhadap kerapatan relatif. Salah satu penelitian yang melakukan penelitian tersebut yaitu Terzaghi dan Peck (1948). Hubungan hasil nilai N-SPT dengan kerapatan relatif menurut Terzaghi dan Paek dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel. 2.5 Hubungan Nilai N dan Kerapatan Relatif Jenis Tanah Berpasir

Nilai N1	Karapatan Relatif
<4	Sangat tidak padat
4-10	Tidak padat
10-30	Kepadatan sedang
30-50	Padat
>50	Sangat padat

Sumber : Teknik Pondasi, Harry H.C

Tabel 2.6 Hubungan Nilai N dan Kerapatan Relatif Jenis Tanah Lempung

Nilai N1	Karapatan Relatif
<2	Sangat lunak
2-4	Lunak
4-8	Sedang
8-15	Kaku
15-30	Sangat kaku
>30	Keras

Sumber : Teknik Pondasi, Harry H.C

2.4.3 Pengujian PDA Test

Pengujian PDA Test (*Pile Driving Analyzer*) merupakan pengujian pembebanan dinamik yang digunakan untuk pondasi tiang pancang dan tiang bor. Cara pengujian pembebanan dinamik dengan memasang *gauge* dan *accelerometer* didekat kepala tiang, kemudian instrumen tersebut diinterpretasikan terhadap gelombang yang terjadi akibat pukulan *hammer* di kepala tiang. Metode interpretasi membutuhkan pengetahuan mengenai teori perambatan gelombang. Pada uji PDA, digunakan model analitis yang menggabungkan data lapangan dengan teori perambatan gelombang untuk memprediksi besarnya daya dukung ultimit, distribusi gesekan selimut sepanjang tiang dan simulasi perilaku beban penurunan (*load settlement*) dari tiang. Informasi yang didapat dari pengujian PDA sebagai berikut:

1. Daya dukung aksial tiang

Nilai daya dukung aksial pada karakteristik pantulan gelombang dari reaksi tanah pada tiang uji, nantinya akan tampilan sebagai grafik pada monitor pemantauan yang akan menjadi data pada pengujian mengenai daya dukung pada tiang pondasi, sebagai analisa daya tahan pondasi kepada beban yang dapat di terima pondasi .

2. Keutuhan / integritas tiang

Saat pengujian berlangsung ada kemungkinan tiang pancang mengalami kerusakan ketika pemukulan, untuk itu pengujian PDA Test di lakukan tidak hanya mendeteksi kerusakan pada tiang pondasi akan tetapi juga lokasi kerusakannya.

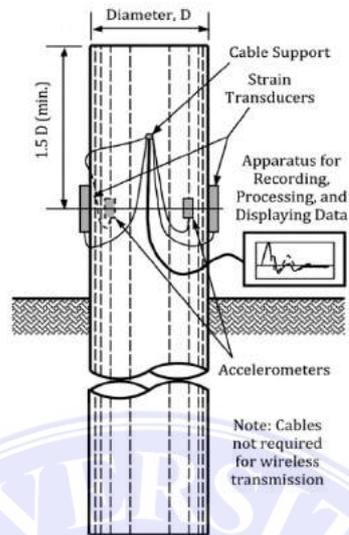
3. Efisiensi energi yang ditransfer

Efisiensi energi yang ditransfer merupakan sebuah kegunaan utama dari tiang pondasi yaitu mentransfer beban berat yang di terima oleh pondasi di salurkan ke tanah, dalam pengujian PDA pengukuran beban berat tersebut di atur pada pondasi yang di uji, untuk dapat mengetahui daya dukung pada pondasi.

PDA Test mengukur energi pemancangan aktual yang ditransfer selama pengujian. Karena berat palu pancang dan tinggi jatuh palu pancang dapat diketahui, maka efisiensi energi yang ditransfer dapat dihitung. Untuk menghitung berat hammer PDA test, dapat digunakan berat hammer (W) yang tergantung kapasitas ultimit tiang (Q_u) yaitu:

- $W/Q = 1\%$ untuk jenis tanah kohesif kaku atau bebatuan
- $W/Q = 1,5\%$ untuk jenis tiang friksi pada umumnya
- $W/Q = 2\%$ untuk pondasi tiang bor dengan jenis tanah daya dukung ujung pondasi tanah berbutir kasar (*grained coarse soils*). Pengujian PDA harus memenuhi beberapa syarat diantaranya:

1. Usia pada beton harus mencapai 21 hari setelah pembuatan
2. Usia tiang 5 hari setelah dilakukan pemancangan
3. Kepala tiang harus datar serta tulangan dari beton tidak boleh terlihat
4. Dilakukan penggalian apabila tiang tertanam.



Gambar 2.11 Posisi Accelerometer dan Strain Transducer
 Sumber: Pedoman Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang, Bina Marga

2.5 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

Struktur pondasi merupakan salah satu struktur yang sangat berperan dalam menahan berat bangunan, sehingga harus di desain dengan perencanaan yang baik dan kokoh. Adapun faktor-faktor yang menentukan kekuatan pondasi adalah daya dukung tanah yang berada di bawah pondasi serta kedalaman tanah keras untuk perletakan pondasi. Kemampuan daya dukung juga dipengaruhi oleh jenis dan kondisi tanah pada lokasi yang akan dimulai pekerjaan konstruksi.

Perhitungan daya dukung tanah sangat diperlukan untuk mengetahui kemampuan tanah sebagai perletakan struktur pondasi. Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban baik berat sendiri struktur pondasi maupun beban struktur atas secara keseluruhan tanpa terjadinya keruntuhan. Nilai daya dukung tersebut dibatasi oleh suatu daya dukung batas *ultimate bearing capacity*, yang merupakan keadaan saat mulai terjadi keruntuhan.

2.5.1 Faktor Aman

Kapasitas ijin tiang pancang diperoleh dari hasil perhitungan kapasitas ultimit tiang pancang dibagi dengan faktor aman. Tujuan faktor aman ini diberikan adalah :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap tidak pastinya metode hitungan yang digunakan
2. Memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
3. Meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok masih dalam batas toleransi.
5. Meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara masing-masing tiang masih dalam batas toleransi.

Pemilihan faktor aman untuk perencanaan pondasi tiang berdasarkan atas (Reese dan O'Neill, 1989) :

1. Tipe dan kepentingan struktur.
2. Variabilitas tanah
3. Ketelitian penyelidikan tanah
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan.
5. Ketersediaan data ditempat uji.
6. Pengawasan / kontrol dilapangan
7. Kemungkinan beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Klasifikasi struktur berdasarkan faktor keamanan yang disarankan Reese dan O'Neill dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.7 Klasifikasi Faktor Aman

Klasifikasi Struktur	Faktor Aman (F)			
	Baik	Normal	Jelek	Sangat Jelek
Monumental	2.3	3	3.5	4
Permanen	2	2.5	2.8	3.4
Sementara	1.4	2	2.3	2.8

Sumber : Teknik Pondasi, Harry H.C

- Struktur monumental ialah yang mempunyai umur desain lebih dari 100 tahun. Seperti jembatan yang panjang dan besar dan bangunan monumen lainnya.
- Struktur permanen ialah yang mempunyai umur desain antara 25-100 tahun. Seperti jalan rel kereta api dan bangunan besar pada umumnya.
- Struktur sementara ialah yang ditempati dalam waktu yang singkat (kurang dari 25 tahun). Seperti fasilitas industri yang bersifat sementara.

2.5.2 Daya Dukung Berdasarkan Data Sondir

Hasil pengujian sondir dapat mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Dalam perencanaan pondasi tiang pancang, data tanah sangat diperlukan untuk merencanakan daya dukung dari tiang pancang. Untuk menghitung daya dukung aksial ultimit (Q_{ult}) ada beberapa metode yang digunakan salah satunya metode Meyerhof. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Hary Christady, 2008):

$$Q_u = \frac{qc \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$$

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{3}$$

dimana:

qc = Perlawanan penetrasi konus (kg/cm²)

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm)

A_p = Luas penampang tiang (m²)

K = Keliling tiang (m)

2.5.3 Daya Dukung Berdasarkan Data SPT

Kapasitas ultimit tiang dapat dihitung secara empiris dari nilai hasil uji SPT. Untuk menghitung daya dukung tiang pancang dengan data hasil SPT dapat menggunakan metode Meyerhof. Penggunaan metode Meyerhoff dibagi dalam 2 jenis yaitu daya dukung pada jenis tanah kohesif dan daya dukung pada jenis tanah non-kohesif. Analisis daya dukung tiang pancang pada jenis tanah kohesif adalah sebagai berikut:

Daya dukung ujung pondasi tiang pancang:

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

Tahanan geser selimut tiang pancang:

$$Q_s = \alpha \times C_u \times K \times L_i$$

Daya dukung ultimit :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$$C_u = \text{Kohesi undrainad (Kn/m}^2) = N_{\text{SPT}} \times 2/3 \times 10$$

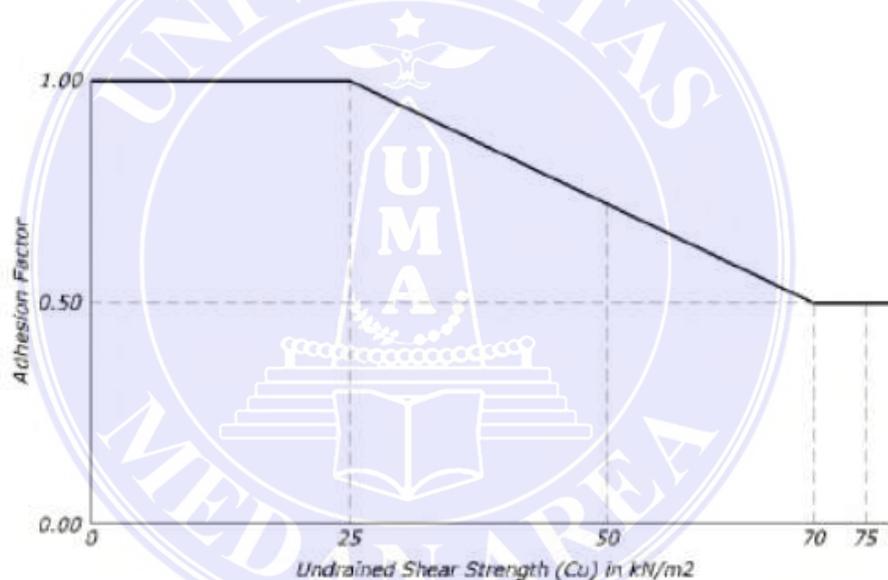
$$A_p = \text{Luas penampang tiang (m}^2)$$

$$K = \text{Keliling tiang (m)}$$

$$L_i = \text{Tebal lapisan tanah setiap interval kedalaman (m)}$$

$$\alpha = \text{Faktor adesi}$$

Hubungan antara kuat geser (C_u) dengan faktor adhesi (α) dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.12 Grafik hubungan antara kuat geser (C_u) dengan faktor adhesi (α)
Sumber: Ir. Sardjono, H.S., pondasi tiang pancang, jilid II

Analisis daya dukung tiang pancang pada jenis tanah non-kohesif adalah sebagai berikut (Hary Christady, 2008):

Daya dukung ujung pondasi tiang pancang:

$$Q_p = 38 \check{N} \times A_p \times (l/d) \leq 380 \check{N} \times A_p$$

Tahanan geser selimut tiang pancang:

$$Q_s = 2 \times N_{\text{SPT}} \times P \times L_i$$

Daya dukung ultimit :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

dimana :

Q_u = Kapasitas ultimit tiang (ton)

\bar{N} = Nilai N rata-rata dari uji SPT yang dihitung dari 8d diatas dasar tiang pancang sampai 4d dibawah dasar tiang pancang

A_p = luas penampang tiang pancang (m^2)

P = keliling tiang (m)

L_i = tebal lapisan tanah setiap interval kedalaman pemboran (m)

Kapasitas ijin tiang (Q_a):

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK}$$

Dimana :

Q_a = Kapasitas ijin tiang

Q_u = Kapasitas ultimit

FK = Faktor keamanan

2.5.4 Daya Dukung Berdasarkan Data PDA TEST

Salah satu sistem pengujian pondasi tiang pancang adalah dengan menggunakan *Pile Driving Analyzer* (PDA). *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. PDA (*Pile Driving Analyzer*) merupakan metode yang dilakukan untuk menguji tiang pancang yang akan dijadikan pondasi suatu bangunan. Tujuan utama dari PDA test yaitu mendapatkan beberapa data valid terkait dengan tiang pancang, daya dukung aksial tiang dan juga tingkat efisiensi energi yang dapat ditransfer. ASTM (2017) dalam standarnya D4945-17 memberikan penjelasan mengenai prosedur dan langkah pengujian dengan menggunakan PDA test.

Pondasi tiang yang diuji sudah dalam keadaan tertanam kemudian tiang dipukul beberapa kali. Pukulan dihentikan setelah diperoleh kualitas rekaman yang cukup baik dan energi pukulan yang tinggi. Jumlah pukulan yang diperlukan ditentukan oleh fluktuasi besarnya energi yang sesungguhnya diterima oleh tiang. Kualitas rekaman juga tergantung dari ketepatan pemasangan instrumen serta kinerja komputer dan sistem elektronik. Apabila instrumen tidak terpasang dengan baik atau sistem komputer tidak bekerja seperti yang diharapkan, maka akan segera diketahui dari beberapa rekaman tumbukan awal. Berat pemukul (*hammer*) ideal untuk uji PDA disarankan sebesar 1-2% dari kapasitas pondasi tiang yang disyaratkan untuk dicapai. Sedangkan jumlah pondasi tiang yang akan diuji berkisar antara 1-2% dari seluruh jumlah tiang pancang atau minimal 1 (satu) pengujian untuk tiap *pilecap*.

Hasil PDA dianalisa lebih lanjut dengan CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) adalah program aplikasi analisa 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. Kriteria penerimaan hasil R_u yaitu Q_u (daya dukung ultimit tiang hasil CPT/SPT) $\leq R_u$ (daya dukung ultimit tiang hasil PDA).

2.6 Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang umumnya dipasang secara berkelompok. Yang dimaksud berkelompok ialah terdapat beberapa tiang pancang yang dipasang secara berdekatan dan diikat dibagian atasnya dengan menggunakan *pile cap*. Untuk menghitung nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terlebih dahulu yaitu, jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang. Efisiensi Kelompok Tiang Menurut Coduto (1983), bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

1. Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
2. Tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung
3. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang.
5. Macam tanah.
6. Waktu setelah pemasangan.
7. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah
8. Arah dari beban yang bekerja.

Efisiensi kelompok tiang pancang dapat dihitung berdasarkan dengan metode berikut:

- 1) Metode Conversi – Laberre

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

Dengan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang n = Jumlah tiang dalam satu baris
 θ = arc tg d/s , dalam derajat d = Diameter tiang
 m = Jumlah baris tiang s = Jarak pusat ke pusat tiang

2) Los Angeles Group – Action Formula

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

Dengan :

m = Jumlah baris tiang n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang s = Jarak pusat ke pusat tiang

Setelah mendapatkan daya dukung tiang pancang untuk 1 titik, dan efisiensi kelompok tiang, maka dapat dilakukan perhitungan perhitungan daya dukung aksial kelompok tiang. Daya dukung ultimit kelompok tiang dapat diperoleh menggunakan Persamaan :

$$Q_{u \text{ grup}} = Q_{u \text{ Tiang}} \times n \times \text{efisiensi kelompok tiang}$$

dengan:

Q_u = daya dukung ultimit [kN], n = jumlah tiang pada satu buah pile cap [buah].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

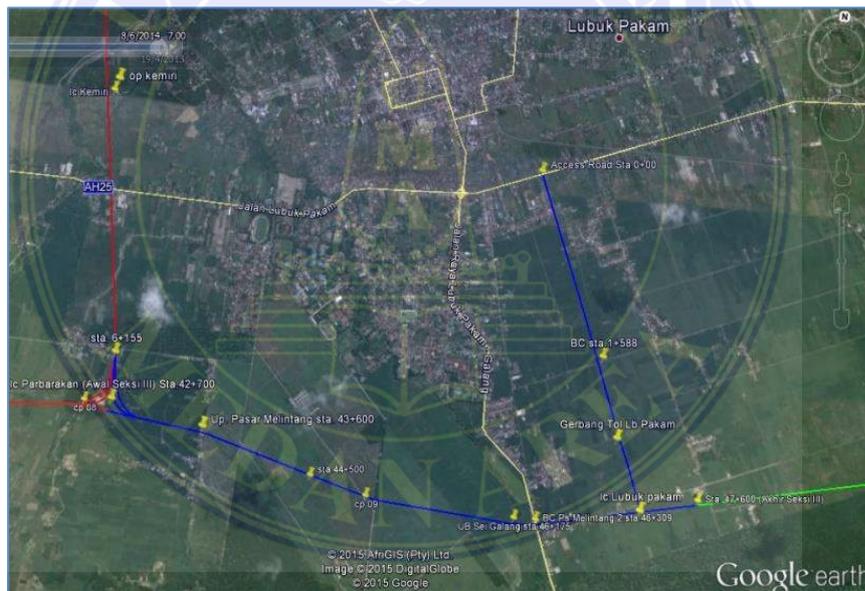
Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi sepanjang 61,7 kilometer ini, menghubungkan jalan tol yang sudah ada saat ini yaitu Belawan, Medan, Tanjung Morawa atau Balmera, menuju Bandara Kualanamu dan kota Tebing Tinggi. Proyek pembangunan Jalan Tol ini terbagi menjadi 7 paket yaitu, Paket 1 Tanjung Morawa-Parbarakan sepanjang 10,7 kilometer, Paket 2 Parbarakan-Kualanamu sepanjang 7 kilometer, Paket 3 Parbarakan- Lubuk Pakam sepanjang 4,9 kilometer, Paket 4 Lubuk Pakam-Perbaungan sepanjang 12,4 kilometer, Paket 5 Perbaungan-Teluk Mengkudu sepanjang 9,6 kilometer, Paket 6 Teluk Mengkudu-Sei Rampah sepanjang 7,8 kilometer dan Paket 7 Sei Rampah-Tebing Tinggi sepanjang 9,3 kilometer. Objek penelitian yang akan dilakukan adalah pada paket 3 perbarakan – Lubuk Pakam.

Tahapan pertama adalah menyelidiki keadaan lapisan tanah di lokasi pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi (Seksi 3 Perbarakan-Lubuk Pakam) dengan pengujian penyelidikan tanah sondir, *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) yang dilakukan pada STA 46 + 211. Dari hasil pengujian penyelidikan tanah akan diketahui keadaan lapisan tanah dan letak keadaan tanah keras yang baik untuk ditanamkan pondasi tiang pancang. Tahapan kedua, melalui hasil penyelidikan tanah berdasarkan data sondir, SPT,

dan PDA test maka dapat dihitung besar daya dukung tiang pancang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

3.2 Tempat Penelitian

Lokasi pekerjaan pada proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualamamu-Tebing Tinggi terletak pada Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Lokasi pengambilan data proyek adalah pembangunan Underpass Sei Galang pada STA 46 + 211 (Pier 2), dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Peta lokasi seksi 3 Perbarakan-Lubuk Pakam
Sumber: Data Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi

Keterangan :

- : Seksi 1 & 2
- : Seksi 3
- : Seksi 4

3.3 Cara Pengambilan Data

Adapun metode pengumpulan data atau faktor pendukung yang berkaitan dalam penyusunan skripsi adalah:

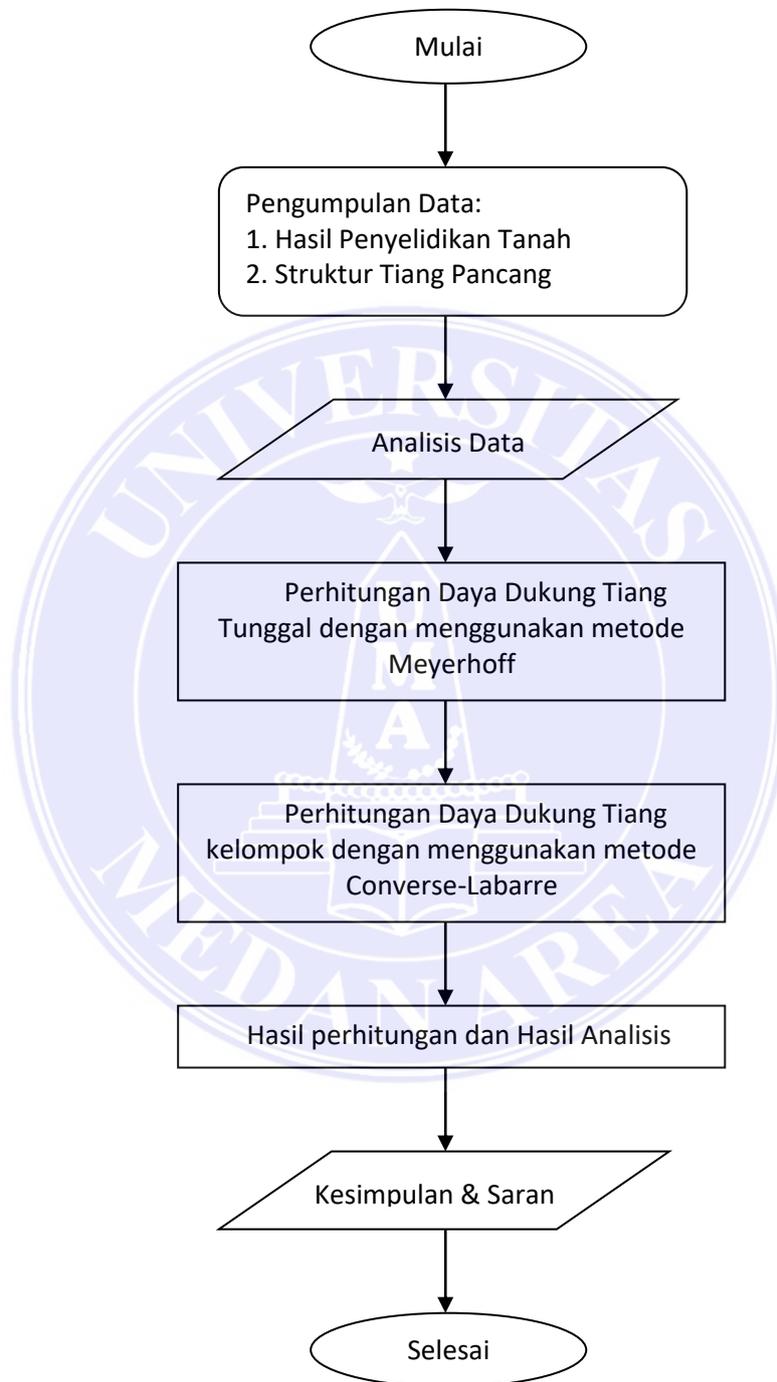
- 1) Mengumpulkan data-data lapangan dari observasi lapangan atau pengujian lapangan yang diberikan PT. Waskita Karya
- 2) Buku-buku referensi yang berkaitan maupun yang bersumber dari internet.
- 3) Berupa data spesifikasi teknis tiang pancang.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan untuk penyelesaian skripsi ini merupakan awal atau dimulainya penelitian dari pengumpulan data sampai kemudian data diolah sehingga mendapatkan hasil dan kesimpulan yang menjadi tahap akhir penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan untuk penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan *review* terhadap beberapa buku yang terkait dengan pondasi tiang pancang.
- 2) Melakukan pengumpulan data yang diperoleh dari perusahaan PT. Waskita Karya selaku kontraktor pelaksana proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan, seperti: data tanah, detail tiang pancang.
- 3) Melakukan analisis data terhadap data-data yang telah diperoleh dan membuat kesimpulan.
- 4) Memulai perhitungan-perhitungan yang diperlukan dengan rumus dan metode.
- 5) Membuat kesimpulan dan saran sebagai tahap akhir dari penelitian.

3.5 Kerangka berpikir



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data sondir sebesar 200.45 ton, berdasarkan data SPT daya dukung tiang pancang tunggal sebesar 260.10 ton dan berdasarkan hasil PDA test besar daya dukung tiang pancang tunggal sebesar 299.99 ton.
2. Besar daya dukung kelompok berdasarkan data sondir sebesar 3928.82 ton, berdasarkan data SPT daya dukung kelompok tiang sebesar 5097.96 ton dan berdasarkan data PDA test sebesar 5879.80 ton.

5.2 Saran

1. Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan data sondir dan SPT sebaiknya diambil pada kedalaman yang sama sehingga hasil perbandingan dapat lebih jelas diketahui.
2. Pada penyelidikan PDA test sebaiknya kedalaman sensor sesuai dengan ukuran panjang tiang pancang yang direncanakan agar perhitungan daya dukung lebih mendekati jika dibandingkan dengan data atau metode perhitungan lainnya.

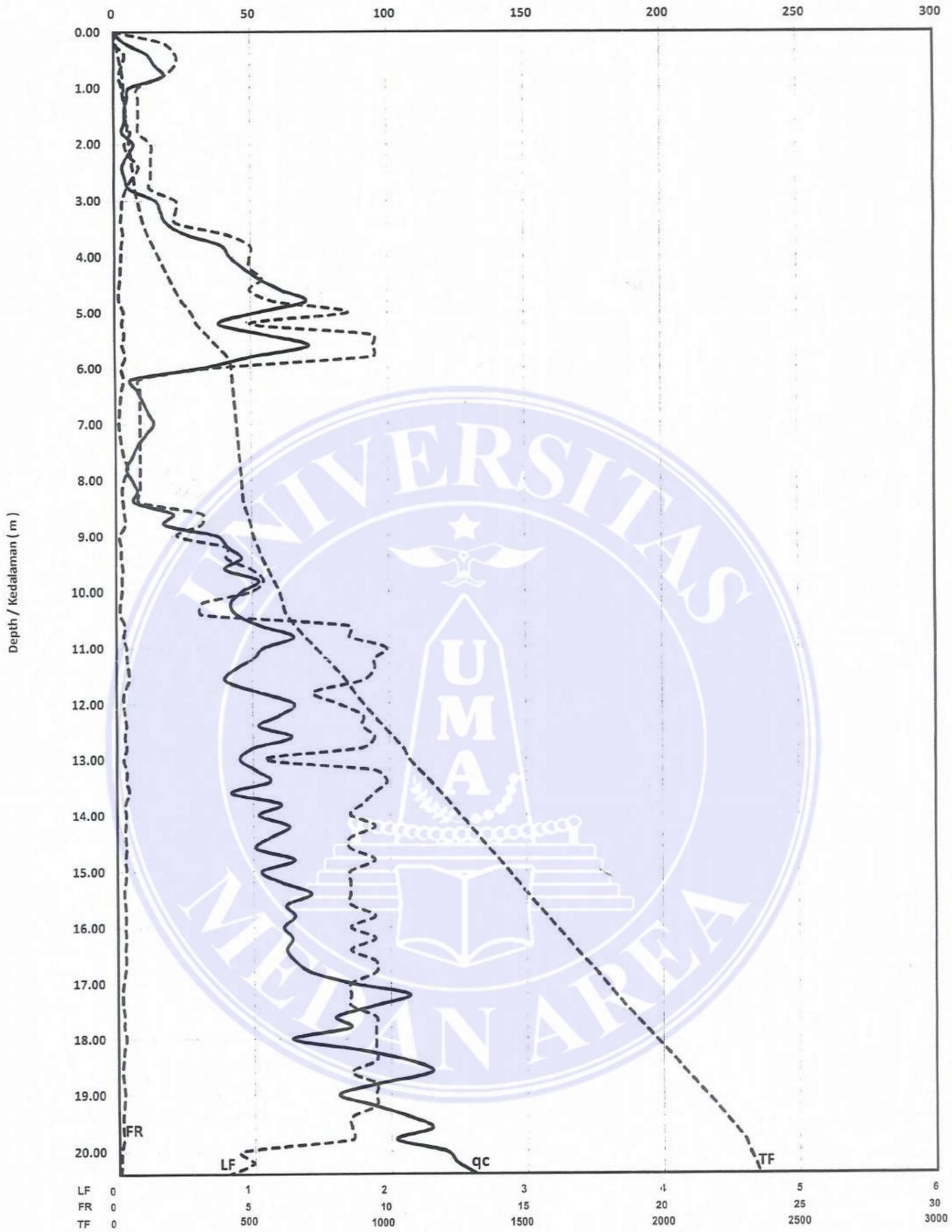
DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, Vivi, 2012, *Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Cone Penetration Test (CPT) dan Pile Driven Analyzer (PDA) pada Tanah Lunak di Kota Pontianak*, Universitas Tanjungpura Pontianak, Pontianak.
- Bowles, J.E., 1999, *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M, 1995, *Mekanika Tanah Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Fajarsari, Ega Julia, 2020, *Perbandingan Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Bentuk Pondasi Menggunakan Data SPT dan Sondir*, Universitas Guna Darma, Jakarta.
- Gunawan, R., 1983. *Pengantar Teknik pondasi*, Kanisius. Yogyakarta
- Hardiyatmo,H.C., 1996, *Teknik Pondasi Jilid 1*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2008, *Teknik Pondasi Jilid 2*, Beta Offeset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo,H.C., 2010, *Analisis dan Perancangan Pondasi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sardjono H.S, Ir., 1988,*Pondasi Tiang Pancang Jilid II*,Sinar Wijaya, Surabaya.
- Teddy, Livian, *Evaluasi Pondasi Tiang dengan Pile Driven Analisis (PDA) di Kota Palembang*,Universitas Sriwijaya Palembang, Palembang.

DATA OF DUTCH CONE PENETRATION TEST (DATA SONDIR)															
Project / Proyek : Soil Investigation Jalan Tol Medan Tebing Tinggi - Muaranamu - Rusa Perbarukan - Lubuk Pakam								Point Number / Titik No. : S-20							
Location / Lokasi : Seksi Tiga Perbarukan - Lubuk Pakam								Organizer By/Dilaksanakan Oleh : PT. ESCONSOIL ENSAN							
Elevation G W L : - 02.50 M								Operator / Operator : Mardian							
Coordinate/Koordinat : -								Checked by / Diperiksa oleh : Ir. E. Reharto .S							
Date / Tanggal : 29/08/2015															
Depth m	qc ka/cm ²	qc+F ka/cm ²	F ka/cm ²	LF ka/cm ²	20 fs kg/cm	FR (%)	TF kg/cm	Depth m	qc ka/cm ²	qc+F ka/cm ²	F ka/cm ²	LF ka/cm ²	20 fs kg/cm	FR (%)	TF kg/cm
00 . 20	4.00	8.00	4.00	0.36	7.20	0.00	7.20	10 40	44.00	51.00	7.00	0.63	12.60	1.43	622.80
40	12.00	17.00	5.00	0.45	9.00	3.75	16.20	60	53.00	72.00	19.00	1.71	34.20	3.23	657.00
60	15.00	20.00	5.00	0.45	9.00	3.00	25.20	80	65.00	84.00	19.00	1.71	34.20	2.63	691.20
80	18.00	22.00	4.00	0.36	7.20	2.00	32.40	11 00	54.00	76.00	22.00	1.98	39.60	3.67	730.80
01 . 00	6.00	8.00	2.00	0.18	3.60	3.00	36.00	20	50.00	71.00	21.00	1.89	37.80	3.78	768.60
20	5.00	7.00	2.00	0.18	3.60	3.60	39.60	40	43.00	64.00	21.00	1.89	37.80	4.40	806.40
40	4.00	6.00	2.00	0.18	3.60	4.50	43.20	60	40.00	60.00	20.00	1.80	36.00	4.50	842.40
60	4.00	6.00	2.00	0.18	3.60	4.50	46.80	80	52.00	68.00	16.00	1.44	28.80	2.77	871.20
80	3.00	5.00	2.00	0.18	3.60	6.00	50.40	12 00	65.00	83.00	18.00	1.62	32.40	2.49	903.60
02 . 00	7.00	10.00	3.00	0.27	5.40	3.86	55.80	20	60.00	80.00	20.00	1.80	36.00	3.00	939.60
20	5.00	8.00	3.00	0.27	5.40	5.40	61.20	40	52.00	72.00	20.00	1.80	36.00	3.46	975.60
40	3.00	6.00	3.00	0.27	5.40	9.00	66.60	60	64.00	85.00	21.00	1.89	37.80	2.95	1,013.40
60	4.00	7.00	3.00	0.27	5.40	6.75	72.00	80	50.00	70.00	20.00	1.80	36.00	3.60	1,049.40
80	6.00	9.00	3.00	0.27	5.40	4.50	77.40	13 00	45.00	57.00	12.00	1.08	21.60	2.40	1,071.00
03 . 00	15.00	20.00	5.00	0.45	9.00	3.00	86.40	20	51.00	72.00	21.00	1.89	37.80	3.71	1,108.80
20	17.00	22.00	5.00	0.45	9.00	2.65	95.40	40	56.00	78.00	22.00	1.98	39.60	3.54	1,148.40
40	19.00	24.00	5.00	0.45	9.00	2.37	104.40	60	42.00	63.00	21.00	1.89	37.80	4.50	1,186.20
60	26.00	35.00	9.00	0.81	16.20	3.12	120.60	80	60.00	80.00	20.00	1.80	36.00	3.00	1,222.20
80	39.00	50.00	11.00	0.99	19.80	2.54	140.40	14 00	52.00	71.00	19.00	1.71	34.20	3.29	1,256.40
04 . 00	42.00	53.00	11.00	0.99	19.80	2.36	160.20	20	63.00	84.00	21.00	1.89	37.80	3.00	1,294.20
20	47.00	58.00	11.00	0.99	19.80	2.11	180.00	40	56.00	75.00	19.00	1.71	34.20	3.05	1,328.40
40	53.00	65.00	12.00	1.08	21.60	2.04	201.60	60	51.00	70.00	19.00	1.71	34.20	3.35	1,362.60
60	61.00	72.00	11.00	0.99	19.80	1.62	221.40	80	65.00	86.00	21.00	1.89	37.80	2.91	1,400.40
80	70.00	83.00	13.00	1.17	23.40	1.67	244.80	15 00	53.00	72.00	19.00	1.71	34.20	3.23	1,434.60
05 . 00	52.00	71.00	19.00	1.71	34.20	3.29	279.00	20	60.00	79.00	19.00	1.71	34.20	2.85	1,468.80
20	38.00	49.00	11.00	0.99	19.80	2.61	298.80	40	71.00	90.00	19.00	1.71	34.20	2.41	1,503.00
40	55.00	76.00	21.00	1.89	37.80	3.44	336.60	60	62.00	81.00	19.00	1.71	34.20	2.76	1,537.20
60	71.00	92.00	21.00	1.89	37.80	2.66	374.40	80	65.00	86.00	21.00	1.89	37.80	2.91	1,575.00
80	50.00	71.00	21.00	1.89	37.80	3.78	412.20	16 00	61.00	80.00	19.00	1.71	34.20	2.80	1,609.20
06 . 00	32.00	40.00	8.00	0.72	14.40	2.25	426.60	20	64.00	85.00	21.00	1.89	37.80	2.95	1,647.00
20	6.00	8.00	2.00	0.18	3.60	3.00	430.20	40	62.00	81.00	19.00	1.71	34.20	2.76	1,681.20
40	8.00	10.00	2.00	0.18	3.60	2.25	433.80	60	65.00	86.00	21.00	1.89	37.80	2.91	1,719.00
60	10.00	12.00	2.00	0.18	3.60	1.80	437.40	80	71.00	92.00	21.00	1.89	37.80	2.66	1,756.80
80	12.00	14.00	2.00	0.18	3.60	1.50	441.00	17 00	86.00	105.00	19.00	1.71	34.20	1.99	1,791.00
07 . 00	14.00	16.00	2.00	0.18	3.60	1.29	444.60	20	107.00	126.00	19.00	1.71	34.20	1.60	1,825.20
20	11.00	13.00	2.00	0.18	3.60	1.64	448.20	40	94.00	113.00	19.00	1.71	34.20	1.82	1,859.40
40	8.00	10.00	2.00	0.18	3.60	2.25	451.80	60	80.00	101.00	21.00	1.89	37.80	2.36	1,897.20
60	6.00	8.00	2.00	0.18	3.60	3.00	455.40	80	85.00	106.00	21.00	1.89	37.80	2.22	1,935.00
80	4.00	6.00	2.00	0.18	3.60	4.50	459.00	18 00	64.00	85.00	21.00	1.89	37.80	2.95	1,972.80
08 . 00	6.00	8.00	2.00	0.18	3.60	3.00	462.60	20	88.00	109.00	21.00	1.89	37.80	2.15	2,010.60
20	8.00	10.00	2.00	0.18	3.60	2.25	466.20	40	107.00	128.00	21.00	1.89	37.80	1.77	2,048.40
40	7.00	9.00	2.00	0.18	3.60	2.57	469.80	60	115.00	134.00	19.00	1.71	34.20	1.49	2,082.60
60	21.00	28.00	7.00	0.63	12.60	3.00	482.40	80	96.00	117.00	21.00	1.89	37.80	1.97	2,120.40
80	18.00	25.00	7.00	0.63	12.60	3.50	495.00	19 00	81.00	102.00	21.00	1.89	37.80	2.33	2,158.20
09 . 00	37.00	42.00	5.00	0.45	9.00	1.22	504.00	20	94.00	115.00	21.00	1.89	37.80	2.01	2,196.00
20	41.00	50.00	9.00	0.81	16.20	1.98	520.20	40	107.00	126.00	19.00	1.71	34.20	1.60	2,230.20
40	46.00	55.00	9.00	0.81	16.20	1.76	536.40	60	115.00	134.00	19.00	1.71	34.20	1.49	2,264.40
60	40.00	51.00	11.00	0.99	19.80	2.48	556.20	80	102.00	121.00	19.00	1.71	34.20	1.68	2,298.60
80	52.00	64.00	12.00	1.08	21.60	2.08	577.80	20 00	120.00	130.00	10.00	0.90	18.00	0.75	2,316.60
10 . 00	46.00	57.00	11.00	0.99	19.80	2.15	597.60	20	124.00	135.00	11.00	0.99	19.80	0.80	2,336.40
20	42.00	49.00	7.00	0.63	12.60	1.50	610.20	40	131.00	140.00	9.00	0.81	16.20	0.62	2,352.60

Diagram
of Dutch Cone Penetration Test

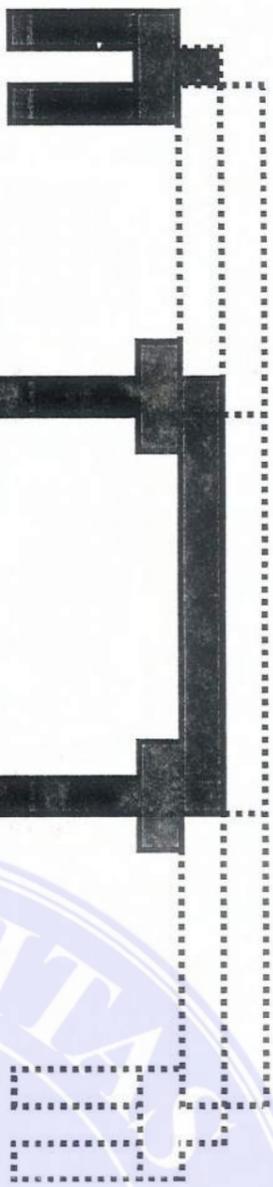
Project / Proyek	: Soil Investigation Jalan Tol Medan Tebing Tinggi - Kualanamu Ruas Perbarakan - Lubuk Pakam	Point Number / Titik No.	: S-20
Location / Lokasi	: Seksi Tiga Perbarakan - Lubuk Pakam	Organizer By/Dilaksanakan Oleh	: PT. ESCONSOIL ENSAN
Elevation G W L	: - 02.50 M	Operator / operattor	: Mardian
Coordinate/Koordinat	: -	Checked by / Diperiksa Oleh	: Ir. E. Reharto .S
		Date / Tanggal	: 29/08/2015



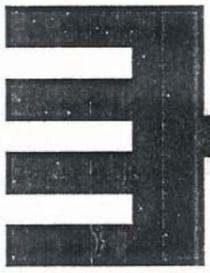
— qc = Cone Resistance (kg/cm²) - - LF = Local Friction Resistance (kg/cm²)
 - - FR = Friction Ratio(%) - - TF = Total Friction Resistance (kg/cm)

UP. SEI GALANG (B)

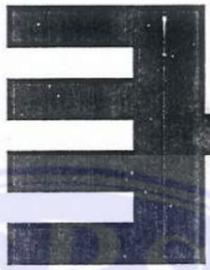
UP. SEI GALANG (A)



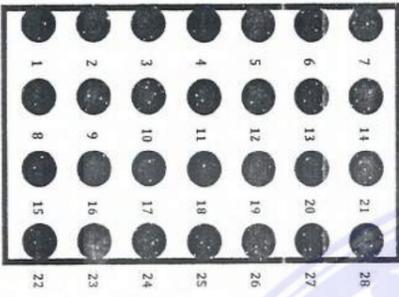
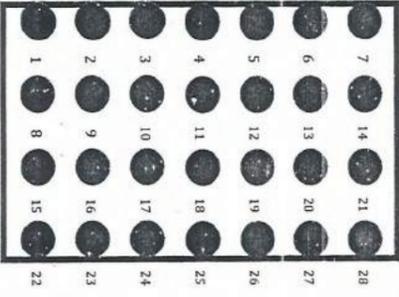
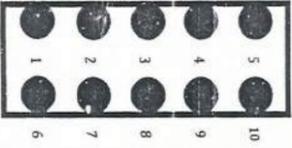
Abt 1



P1



P2



Abt 2

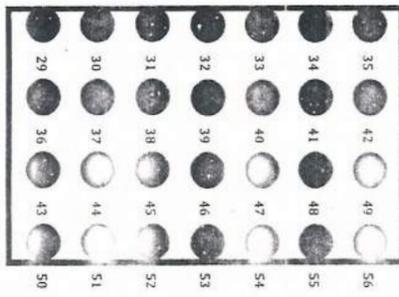
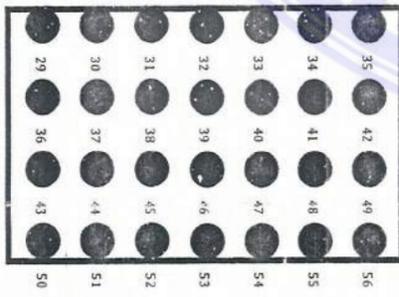
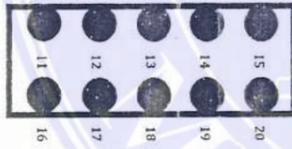
Abt 1



P1



P2



Abt 2

GAMBAR REVIEW DESIGN
 JALAN TOL MEDAN - KULANAMU - TEBING TINGGI
 SEKSI 3 : PARBARAKAN - LUBUK PAKAM
 STA. 42+750 - STA. 47+600

KONSULTAN PERENCANA
 PT. CIPTA STRADA
 ENGINEERING CONSULTANTS

DIGAMBAR OLEH
 CAD Operator

DIREKANAKAN OLEH
 ENGINEER

DISETUJUI OLEH
 TEAM LEADER

DIKETAHUI OLEH
 INVESTOR

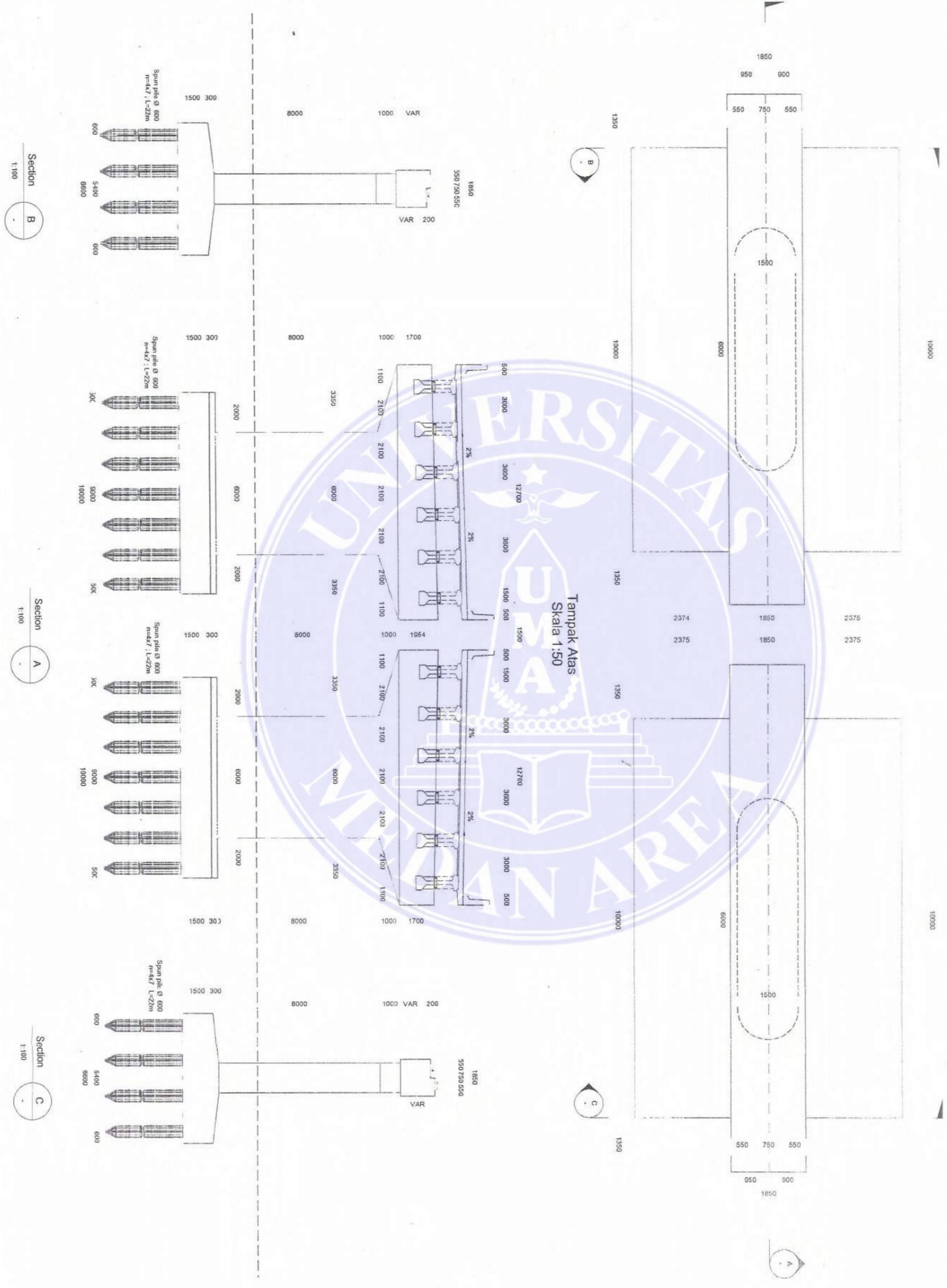
JUDUL GAMBAR:

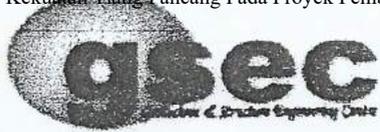
Dimensi Pier 2
 UP Sei Galang
 Sta. 46+211.870

NO. LEMBAR

SIKALA

TANGGAL





FIELD SHEET : High Strain Pile Bearing Testing (HSPBT-TESTING)

Pile Driving Analyzer (PDA) Test

Project Title	Toll Road Medan - Kualanamu - Tobing Tinggi
Client/Piling Contractor	PT Waskita Karya
Location	Sei Galang

Pile Name	P2B-14	P2A-50		
Pile Type/Grade & Size (mm)	PSC / k=500 / D=600 mm ; t=100 mm			(marmer water)
Date of Testing (dd/mm/yyyy)	11/11/2015	11/11/2015		
Date of Driven/Cast In-situ	08/11/2015	18/09/2015		
Total Length (m)	24,00	24,00		
Pile Segmen (m)	12 + 12	12 + 12		
Pile Length = Gauges Length (m)	23,00	23,00		
Pile Penetration Length (m)	22,52	22,62		
Excavated Depth/Sounding (m)	(-)	(-)	(-)	(-)
Embedded Depth (m)	22,50	22,62		
Pile Area (cm ²)	1570,79	1570,79		
Pile Density (T/m ³) assumed	2,45	2,45		
Wave Speed (m/s) assumed	3821	3821		
Working/Test Load (T)	Compressive	/	Tension	
Type of Testing	Mon/Eod/Bor/Res	Mon/Eod/Bor/Res	Mon/Eod/Bor/Res	Mon/Eod/Bor/Res
Pile Make-Up (bottom-2-top)				
Hammer Name single/double	2 Diesel E45			
Hammer Serial #	1 Hammer			

CASE Method Results To be conformed by post-analysis using CAPWAP

Case Capacity (T), Jc				
Ram Weight (T)	4,5	4,5		
Ram Stroke (m)				
Pile Set (mm/10-blows)	8/10	10/10		
Pile Integrity Interpretation				

Remarks :

Note: Data diatas merupakan hasil di lapangan, data yang dipakai adalah data yang telah dianalisis CAPWAP

Tested by :		Witnessed by :	
Ferdinand A.F. Pane		Contractor	
Signature :		Consultant	
		Owner	

I. UMUM

Dokumen laporan akhir untuk uji dinamik dan analisis gelombang dilakukan pada *Spun Pile* dengan diameter 600 mm tebal 100 mm yang dilaksanakan oleh PT WASKITA KARYA (Persero) pada proyek *TOLL ROAD DEVELOPMENT OF MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI*. Tujuan analisis dinamik ini adalah untuk mengevaluasi daya dukung tiang dengan metode analisis dinamik. Dengan pengujian ini maka akan diperoleh daya dukung aksial total statis, daya dukung ujung dan daya dukung friksi dalam kondisi ultimate.

II. LINGKUP PEKERJAAN

Pengetesan *Spun Pile* diameter 600 mm tebal 100 mm sebanyak 2 (dua) titik. Hammer yang digunakan adalah *Diesel Hammer K45* dengan *Ram Weight* 4.5 Ton

III. KARAKTERISTIK SPUN PILE

Data-data fisik *Spun Pile* $D = 600$ mm; $t = 100$ mm yang diuji adalah:

No.	Pile No.	Diameter/tebal (mm)	Panjang Tiang Di Bawah Sensor (m)	Panjang Penetrasi Tiang (m)	Tanggal Pemancangan	Tanggal Pengetesan
1	P2B No.14	600/100	23.00	22.50	08/11/2015	11/11/2015
2	P2A No.50	600/100	23.00	22.62	18/09/2015	11/11/2015

IV. PENGETESAN DINAMIK DENGAN MENGGUNAKAN PILE ANALYZER

Pengetesan dilakukan dengan menggunakan konsep 1 (satu) dimensi gelombang yang diakibatkan oleh pukulan pada tiang tersebut. Dengan demikian tiang yang dipukul akan memberikan energy tertentu yang menghasilkan kapasitas daya dukung tiang.

Instrumentasi yang digunakan adalah berupa 1 (satu) pasang strain transducer dan 1 (satu) pasang accelerometer. Kedua pasang alat tersebut diletakkan pada bagian atas tiang dengan jarak min $>1.5D$ di bawah top level tiang.

Pengukuran dicatat oleh alat dan dianalisis dengan menggunakan Indowap software 1 (satu) dimensi teori gelombang. Indowap analisis akan memberikan gambaran terhadap kapasitas daya dukung ujung dan friksi.

V. KAPASITAS HASIL PDA TEST

Berikut hasil test dan analisis *Spun Pile* diameter 600 mm :

No.	Pile No	Kapasitas Ultimate Tiang (ton)			Catatan
		Analisis Dinamis			
		Q _u , ton (Total)	Q _s , ton (Friksi)	Q _p , ton (Ujung)	
1	P2B No.14	299.99	179.98	120.01	
2	P2A No.50	314.22	213.42	100.79	

VI. KESIMPULAN

Dari hasil *PDA test Spun Pile* dapat disimpulkan bahwa daya dukung aksial total ultimate *Spun Pile* dengan diameter \varnothing 600 mm; t=100 mm sebanyak 2 (dua) titik berkisar 299.99 ton s.d. 314.22 ton serta *Suggested Pile Condition* adalah *Uniform* (Utuh, di tabel analisis $\beta = 1$).

Medan, 13 Nopember 2015

Ir. Simon Dertha, MT., A-U
Certified Engineer