

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG  
MENGUNAKAN *SOFTWARE* PLAXIS PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN JALAN TOL BINJAI-LANGSA STA 8+325**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**DANDI BAGASKARA  
188110101**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**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 17/10/23

Access From (repository.uma.ac.id)17/10/23

# **ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG MENGUNAKAN *SOFTWARE* PLAXIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL BINJAI-LANGSA STA 8+325**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai bahan sidang dan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil  
Universitas Medan Area



**Oleh:**

**DANDI BAGASKARA**

**188110101**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAJIAN

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan  
Software Plaxis Pada Proyek Pembangunan Jalan  
Binjai-Langsa Sta R+325  
Nama : Dandi Bagaskara  
NIM : 188110101  
Jurusan : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing



Rudianto Surbakti, S.T., M.T  
Pembimbing



Dr. Rahmat Syah, S.Kom., M.Kom  
Dekan

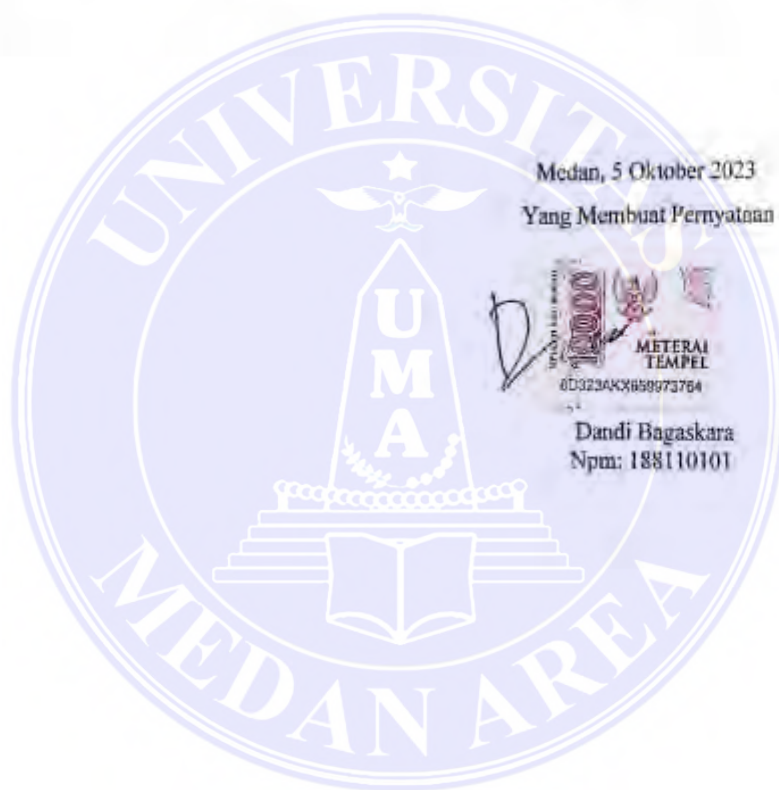


Tika Ertana Wilandari, S.T., M.T  
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 3 Agustus 2023

### HALAMAN PERNYATAAN

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

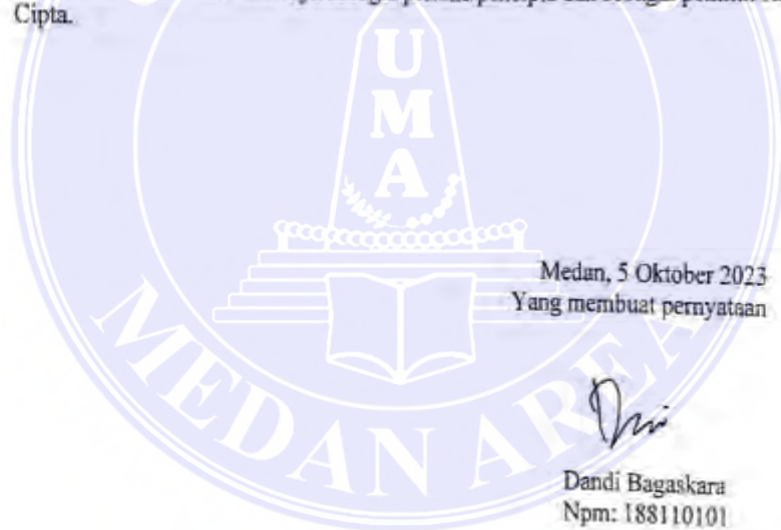


**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Dandi Bagaskara  
NPM : 188110101  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan *Software Plaxis* Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Binjai-Langsa Sta 8+325 . Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 22 Februari 2000 dari Bapak S Widodo Hadi dan Ibu Rodiah Salahwati Penulis merupakan putra dua dari dua bersaudara. Tahun 2018 Penulis lulus dari SMA Dharmawangsa dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) pada proyek gedung kantor dispora.



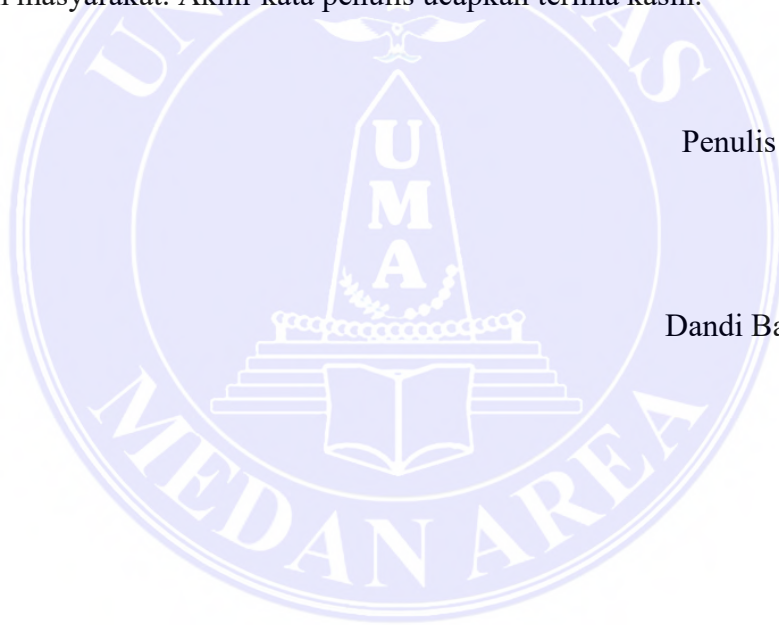


## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Pondasi Tiang Pancang dengan judul Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan *Software* Plaxis Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Binjai-Langsa Sta 8+325. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Rudianto Surbakti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada kedua Orang Tua saya yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga serta seluruh teman-teman Teknik Sipil stambuk 2018 Universitas Medan Area atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

Dandi Bagaskara



## ABSTRAK

Pondasi adalah bagian dari sistem rekayasa yang menyalurkan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya ke dalam tanah dan batuan di bawahnya. Pondasi tiang pancang adalah konstruksi pondasi yang dapat menahan gaya orthogonal terhadap sumbu tiang dengan cara menyerap lentur. Pondasi tiang pancang dibuat menjadi satu kesatuan monolitik dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang sedang dibangun dengan penyangga pondasi. Lokasi penelitian untuk studi ini adalah Proyek Pembangunan Jalan Tol Binjai-Langsa Seksi I Binjai – Langsa STA 8+325. Tujuan tugas akhir ini adalah menghitung daya dukung aksial tiang tunggal dengan menggunakan data SPT menggunakan *software* PLAXIS dan metode Mayerhoff, serta menghitung penurunan elastisitas tiang tunggal secara analitik dengan bantuan *software* PLAXIS, dan juga menghitung penyelesaian kelompok tiang secara analitis. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung aksial tiang tunggal berdiameter 60 cm pada lubang bor 09R dengan kedalaman 30 meter, menggunakan data SPT diperoleh daya dukung dengan menggunakan PLAXIS = 366,3 ton, sedangkan dengan metode Mayerhoff = 361,5 ton. Dan untuk penurunan elastisitas tiang tunggal dengan analitis diperoleh sebesar = 5.0808 mm, sedangkan penurunan dengan program PLAXIS sebelum konsolidasi = 0,62 mm dan penurunan setelah konsolidasi = 0,70 mm. Dari hasil daya dukung yang didapat PLAXIS dan metode Mayerhoff dapat digunakan untuk menghitung daya dukung dari tiang pancang tersebut.

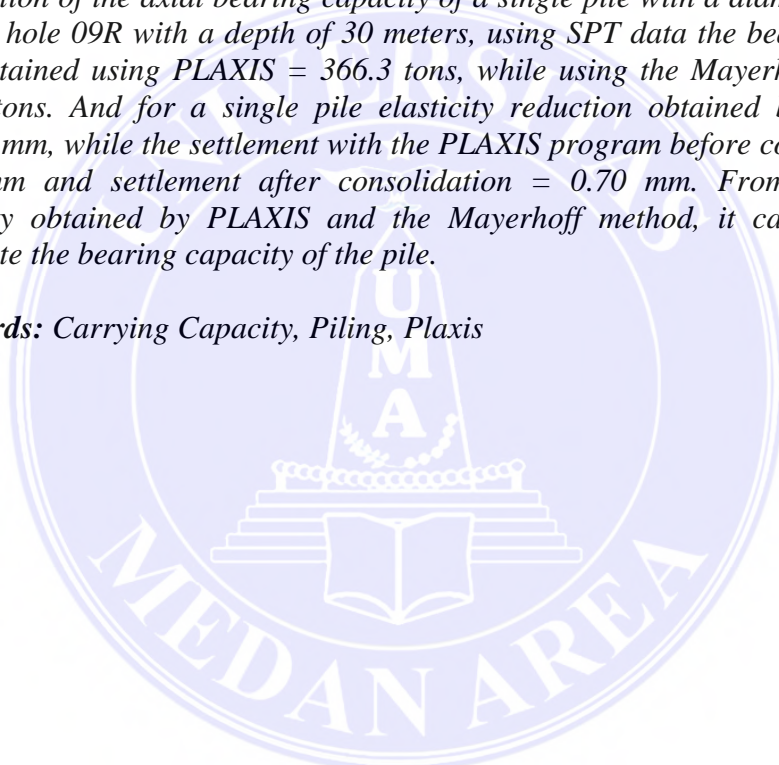
**Kata Kunci:** Daya Dukung, Tiang Pancang, Plaxis



## ABSTRACT

*The foundation is a part of the engineering system that transmits the load supported by the foundation and its weight into the soil and rock beneath it. The pile foundation is a foundation construction that can withstand orthogonal forces to the pile axis by absorbing bending. Pile foundations are made into a monolithic unit by uniting the base of the piles under construction with the foundation supports. The research location for this study is the Binjai-Langsa Toll Road Development Project, Section I Binjai - Langsa STA 8+325. The purpose of this thesis is to calculate the axial bearing capacity of a single pile using SPT data using PLAXIS software and using the Mayerhoff method, as well as calculate the elastic settlement of a single pile analytically with the help of PLAXIS software, and also calculate the settlement of pile groups analytically. Based on the calculation of the axial bearing capacity of a single pile with a diameter of 60 cm in drill hole 09R with a depth of 30 meters, using SPT data the bearing capacity was obtained using PLAXIS = 366.3 tons, while using the Mayerhoff method = 361.5 tons. And for a single pile elasticity reduction obtained by analysis = 5.0808 mm, while the settlement with the PLAXIS program before consolidation = 0.62 mm and settlement after consolidation = 0.70 mm. From the bearing capacity obtained by PLAXIS and the Mayerhoff method, it can be used to calculate the bearing capacity of the pile.*

**Keywords:** Carrying Capacity, Piling, Plaxis



## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK.....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Pondasi.....	5
2.3 Jenis-Jenis Pondasi.....	6
2.3.1 Pondasi Dangkal .....	6
2.3.2 Pondasi Dalam .....	8
2.4 Pondasi Tiang Pancang.....	11
2.5 Klasifikasi Pondasi Tiang Pancang.....	12
2.6 Keunggulan Pondasi Tiang Pancang .....	12
2.7 Pemilihan Jenis Pondasi Tiang Pancang.....	13
2.8 Jenis-Jenis Pondasi Tiang Pancang.....	14
2.9 Pengujian Tiang Pancang.....	17
2.10 Kalendering.....	18
2.11 <i>Pile Driving Analyzer (PDA Test)</i> .....	19
2.12 Alat Pemancang Tiang.....	21
2.13 Metode Pelaksanaan Tiang .....	22
2.14 <i>Safety Factor</i> .....	26
2.15 Penyelidikan Tanah.....	26
2.16 Tanah.....	32
2.16.1 Konsolidasi.....	36
2.17 Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan SPT.....	37
2.18 Permodelan PLAXIS .....	38
2.19 Penurunan Tiang Pancang.....	41
2.19.1 Penurunan Tiang Tunggal Elastis .....	42

2.20 Kelompok Tiang .....	43
2.20.1 Penurunan Tiang Kelompok.....	44
BAB III METODE PENELITIAN .....	45
3.1 Deskripsi Penelitian .....	45
3.2 Lokasi Penelitian.....	45
3.3 Metode Penelitian .....	46
3.4 Pengumpulan Data .....	46
3.5 Persiapan Alat .....	48
3.6 Permodelan .....	48
3.7 Tahapan Perhitungan .....	49
3.8 Hasil dan Pembahasan .....	49
3.9 Kesimpulan dan Saran .....	50
3.10 Bagan Alur Penelitian .....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	51
4.1 Perhitungan .....	51
4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Metode Analitis .....	51
4.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang PLAXIS V8.6 .....	55
4.3.1 Permodelan Program PLAXIS V8.6.....	57
4.4 Pembahasan Hasil Daya Dukung Metode Analitis .....	65
4.5 Pembahasan Hasil Daya Dukung PLAXIS .....	67
4.6 Penurunan Elastis Tiang Pancang Tunggal PLAXIS V8.6 .....	69
4.7 Penurunan Elastis Tiang Tunggal Metode Analitis .....	69
4.8 Penurunan Kelompok Tiang Pancang .....	71
4.9 Diskusi Daya Dukung Ultimate Data Kalendering .....	72
4.10 Diskusi Hasil Daya Dukung Ultimate D60 cm Borhole 09R .....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	74
5.1 Kesimpulan .....	74
5.2 Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....	xv
LAMPIRAN.....	xvii

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Deskripsi Tanah <i>Borhole</i> 09R SPT .....	47
Tabel 2. Data tiang Pancang .....	55
Tabel 3. Input parameter tanah pada PLAXIS .....	56
Tabel 4. Tabel daya dukung <i>ultimate</i> metode Meyerhof .....	66
Tabel 5. Tabel daya dukung pondasi pada PLAXIS .....	68
Tabel 6. Penurunan elastis tiang pancang tunggal pada PLAXIS.....	69
Tabel 7. Daya dukung <i>ultimate</i> .....	74



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pondasi Menerus .....	7
Gambar 2. Pondasi Tapak .....	7
Gambar 3. Pondasi Gabungan .....	8
Gambar 4. Pondasi Tiang Pancang .....	9
Gambar 5. Pondasi Sumuran .....	10
Gambar 6. Pondasi <i>Bore Pile</i> .....	11
Gambar 7. Tiang Pancang Kayu .....	15
Gambar 8. <i>Spun Pile</i> .....	16
Gambar 9. <i>Concrete Pile</i> .....	17
Gambar 10. Diagram Fase Tanah .....	33
Gambar 11. Konsep Proses Konsolidasi .....	37
Gambar 12. Jenis Elemen PLAXIS .....	40
Gambar 13. Titik Nodal dan Integrasi .....	40
Gambar 14. Fungsi Perpindahan pada PLAXIS .....	41
Gambar 15. Bentuk Umum Elemen Dua Dimensi .....	41
Gambar 16. Plan Profil Jalan 8+325 .....	45
Gambar 17. Lokasi Proyek Sta 8+325 .....	45
Gambar 18. Potongan Pondasi .....	48
Gambar 19. Kerangka berfikir Data <i>Bore Hole 09R</i> .....	54
Gambar 20. Data <i>Bore Hole 09R</i> .....	54
Gambar 21. Jendela <i>general settings</i> .....	57
Gambar 22. (a) Permodelan PLAXIS V8.6 .....	58
Gambar 23. Tabel input material tanah PLAXIS .....	59
Gambar 24. Tabel input tiang pancang .....	59
Gambar 25. Set material tiang dan tanah pada PLAXIS .....	59
Gambar 26. <i>Generate mesh</i> .....	60
Gambar 27. Muka air tanah .....	61
Gambar 28. Tekanan air pori aktif .....	61
Gambar 29. Batas konsolidasi .....	62
Gambar 30. Jendela <i>calculations</i> program PLAXIS .....	62
Gambar 31. Perhitungan program PLAXIS .....	63
Gambar 32. Hasil SF sebelum konsolidasi tiang pancang .....	63
Gambar 33. Hasil SF sesudah konsolidasi tiang pancang .....	64
Gambar 34. Gaya aksial yang bekerja pada PLAXIS .....	64
Gambar 35. Gaya aksial yang bekerja pada PLAXIS .....	67
Gambar 36. Grafik daya dukung .....	69
Gambar 37. Penurunan tiang pancang yang terjadi .....	69
Gambar 38. Denah tiang pancang .....	71



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Borhole 09R</i> .....	54
--------------------------------------	----





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapasitas daya dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika satuan yang digunakan dalam kapasitas dukung pondasi dangkal adalah satuan tekanan (kPa), maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah gaya (kN). Dalam beberapa *literature* digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity*

Pondasi adalah suatu sistem yang menopang beban yang diterima dari struktur maupun beratnya sendiri yang diteruskan ke tanah yang dibawahnya (Bowles, 1997). Secara umum tiang pancang adalah konstruksi yang terbuat dari bahan kayu, beton, atau baja dan digunakan untuk meneruskan beban-beban dari struktur atas ke bawah (Bowles, 1991). Adapun daya dukung tiang merupakan kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban yang dipikulnya (Hardiyatno, 2011).

Pondasi dalam adalah suatu konstruksi pondasi untuk meneruskan beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah keras yang cukup dalam dari permukaan. Pondasi dalam yang banyak dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Penurunan segera atau penurunan elastis dari suatu pondasi terjadi dengan segera setelah pemberian beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air. Besarnya penurunan ini akan tergantung pada ketentuan dari pondasi dan tipe dari material di mana pondasi tersebut berada.

Berbagai metode telah dikembangkan dalam melakukan perhitungan daya dukung tiang dan penurunan tiang. Dari hasil pengembangan tersebut diciptakan

suatu aplikasi untuk menghitung daya dukung tiang serta penurunan yang terjadi, dimana kondisi sesungguhnya dilapangan tahapan pekerjaan bisa dimodelkan sedekat mungkin.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijabarkan diatas dapat didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapakah besarnya daya dukung tiang pancang dengan menggunakan *software* PLAXIS?
2. Berapakah besar daya dukung tiang pancang dengan metode analitis?
3. Berapa besar penurunan tiang elastis secara PLAXIS dan analitis?
4. Berapa penurunan kelompok tiang yang terjadi dengan metode analitis?

## 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kekuatan pondasi tiang pancang dalam menopang beban menggunakan *software* PLAXIS serta dalam perhitungan metode analitis. Dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mengetahui besar daya dukung tiang pancang yang terjadi dengan menggunakan *software* PLAXIS
2. Untuk mengetahui besar daya dukung tiang pancang yang terjadi menggunakan metode analitis
3. Untuk mengetahui besar penurunan elastis tiang tunggal
4. Dan untuk mengetahui penurunan kelompok tiang yang terjadi

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi daya dukung serta penurunan pondasi pada Sta 8+325
2. Memberikan ilmu pengetahuan serta wawasan baru bagi penulis
3. Mampu menambah pengetahuan dan memberikan inspirasi tentang daya dukung pondasi menggunakan PLAXIS dalam kegiatan pembelajaran di kampus
4. Memberikan referensi kepada pihak yang membutuhkan perhitungan tersebut
5. Dapat dijadikan suatu bahan diskusi tentang hasil dari perhitungan tersebut.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Tiang yang ditinjau tegak lurus arah vertikal
2. Tidak melakukan perhitungan beban kerja serta penulangan pada tiang
3. Pada program PLAXIS tanah dimodelkan dengan Mohr-Coulomb
4. Lokasi penelitian pada *Borhole* 09R
5. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang tiang tunggal
6. Permodelan PLAXIS dibuat tiang tunggal

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian terdahulu yang memakai berbagai macam penelitian tentang analisis daya dukung tiang pancang menggunakan PLAXIS dan analitis serta penurunan tiang tunggal secara analitis dan penurunan tiang kelompok secara analitis. Dari penelitian tersebut menjadikan referensi terhadap penulisan skripsi ini. Adapun penelitian terdahulu sebagai berikut.

Bambang Warih (2020), dengan judul Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Analitis dan *Software* PLAXIS, Studi kasus Proyek Pembangunan Rumah kost Kebayoran Lama Jakarta Selatan. Dalam penelitian tersebut peneliti menganalisis daya dukung tiang pancang dengan memakai *software* PLAXIS serta dengan metode analitis menggunakan data SPT, dan berdasarkan metode elemen hingga (PLAXIS) daya dukung izin (Qa) tiang tunggal sebesar 1.100 KN, daya dukung tiang (Qg) satu tiang dalam kelompok sebesar 935 KN. Dan daya dukung tiang izin kelompok tiang (Qgkelompok) sebesar 3.405 Kn.

Hasrullah dkk (2021) telah melakukan penelitian Analisis Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang menggunakan data PDA Test dan Program PLAXIS Pada Pembangunan Gedung Laboratorium dan Kuliah terpadu Universitas Borneo Tarakan. Peneliti mendapatkan kesimpulan yang berisikan daya dukung kelompok tiang pancang dengan tipe P1-B berdasarkan data daya dukung tiang terkecil pada PDA test sebesar 312,20 ton. Banyaknya tiang pancang dalam perencanaan kelompok tiang berpengaruh baik, sehingga menyebabkan

nilai daya dukung tiang semakin besar sehingga mampu menahan beban konstruksi di atasnya dan peneliti juga menghitung penurunan tiang yang hasilnya pada PLAXIS adalah 3,50 mm.

Kartika Indah Sari dkk (2022), menganalisis daya dukung pondasi bored pile diameter 0,8 pada proyek gedung menara BRI jalan putri hijau Medan, penulis mengatakan *bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menciptakan daya dukung beban yang dapat membawa beban dan memberikan keamanan pada bangunan di atasnya untuk menghasilkan daya dukung yang akurat, survey tanah yang akurat juga diperlukan. Ada dua metode untuk menentukan daya dukung pondasi tiang bor, yaitu metode statis dan metode dinamis.

## 2.2. Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan hingga dapat menjaga kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja serta gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat atau penurunan pondasi yang lebih merata dari batas tertentu. Kegagalan fungsi pondasi dapat disebabkan *base shear failure* atau penurunan yang berlebihan dan akibatnya dapat menimbulkan kerusakan structural pada kerangka bangunan

Agar dapat dihindari kegagalan fungsi pondasi, maka pondasi bangunan harus diletakkan pada permukaan tanah yang keras/kuat dan padat untuk mendukung beban bangunan tanpa timbul penurunan yang berlebihan,



untuk mengetahui letak kedalaman lapisan tanah padat dengan daya dukung pondasi yang cukup besar maka diperlukan penyelidikan tanah.

Pondasi bangunan biasa dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal, tergantung dari perbandingan kedalaman pondasi dengan lebar pondasi dan secara umum dipatokan:

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 dari lima kali lebar pondasi ( $D \geq 5B$ ) maka disebut pondasi dalam.

### 2.3. Jenis – jenis pondasi

Pondasi merupakan bagian terbawah dari sebuah struktur yang fungsinya memikul beban bangunan atas ke lapisan tanah bawah. Jenis – jenis pondasi dapat di bedakan atas dasar bentuk dan kedalamannya.

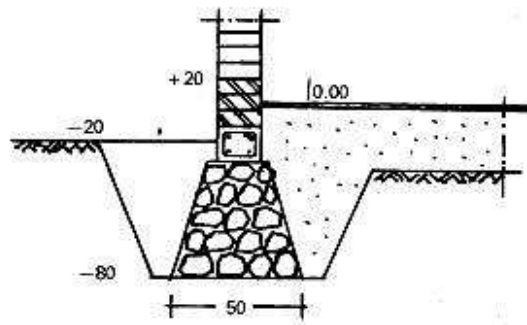
#### 2.3.1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi tapak yang mendukung bangunan secara langsung di atas tanah dipondasi tersebut (Bowles 1991). Ada beberapa jenis dari pondasi dangkal, berikut jenis-jenis dari pondasi dangkal :

##### a. Pondasi menerus

Pondasi menerus dipasang di bawah seluruh panjang dinding bangunan dengan dimensi sama besar, pondasi ini dipakai dengan kedalaman 0,80 – 1,20 m dari permukaan tanah. Pondasi ini dapat dibuat dengan pasangan batu kali dengan specimen satu cmt : lima psr, untuk tanah lembek pondasi dibuat dari beton bertulang atau kombinasi beton dengan pasangan batu kali, yang di atasnya dipasang balok sloof.





Gambar 1. Pondasi menerus (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

b. Pondasi telapak

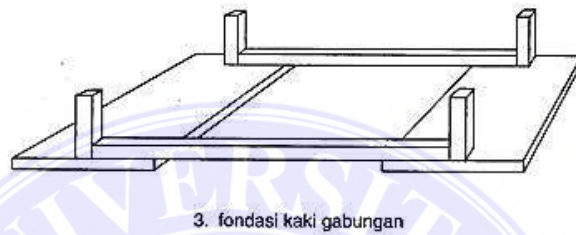
Pondasi telapak atau setempat (*individual footing*), dipakai pada kedalaman tanah lebih dari 1,20 m dari muka tanah dan dipasang di bawah kolom-kolom utama pendukung bangunan. Seluruh beban bangunan dilimpahkan ke kolom-kolom utama, dan diteruskan ke pondasi di bawahnya. Pondasi ini tetap dihubungkan oleh balok sloof dengan pondasi setempat lain, dan sloof ditopang oleh pondasi batu kali.



Gambar 2. Pondasi tapak (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

c. Pondasi gabungan

Pondasi gabungan (*combined footing*), merupakan pondasi plat yang mendukung kolom lebih dari satu. Pondasi ini dipakai bila luas tanah untuk bangunan sangat terbatas, misalnya di kanan kirinya sudah padat bangunan.



Gambar 3. Pondasi gabungan (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

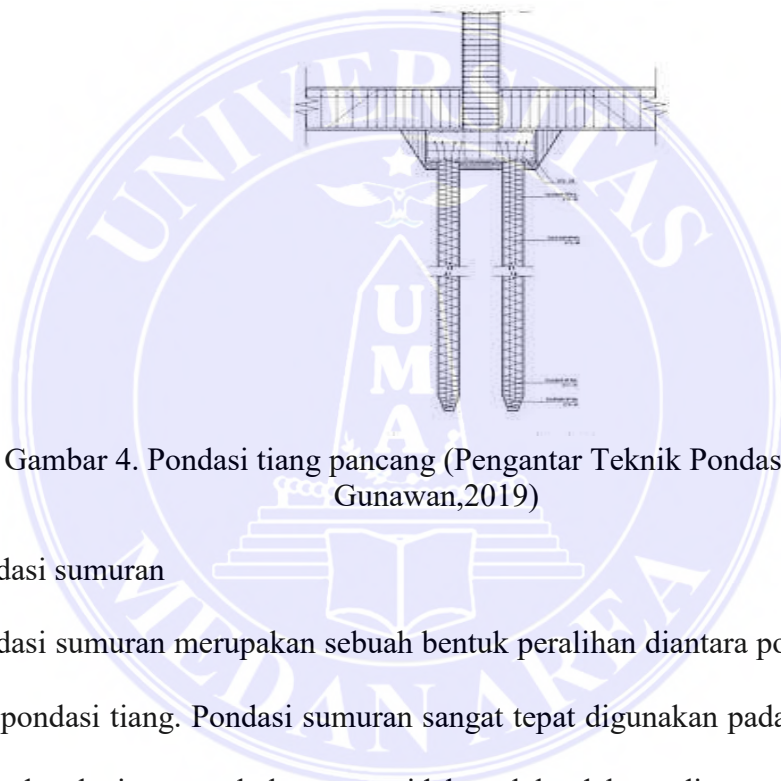
### 2.3.2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 meter dibawah permukaan tanah. Pondasi dalam digunakan untuk mentransfer beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih dalam sehingga mencapai lapisan tanah yang mampu mendukung beban struktur yang ada di atasnya. Adapun jenis-jenis dari pondasi dalam sebagai berikut :

a. Pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang digunakan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan atau tanah yang daya dukungnya mencukupi untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah yaitu lebih dari delapan meter. Fungsi dari pondasi tiang pancang adalah untuk meneruskan beban-beban dari konstruksi di atasnya (*super struktur*) ke lapisan tanah keras yang letaknya

sangat dalam. Dalam pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancangkan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangkan miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja, Hal seperti ini sering digunakan pada konstruksi dermaga yang terjadi tekanan kesamping dari kapal dan perahu. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya,

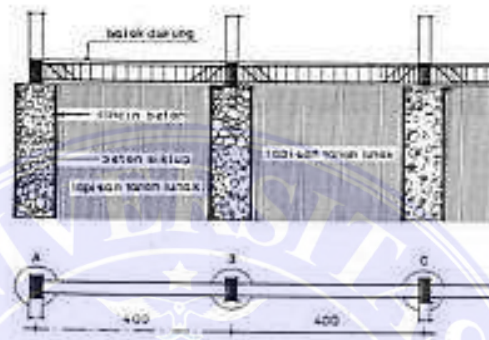


Gambar 4. Pondasi tiang pancang (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan,2019)

b. Pondasi sumuran

Pondasi sumuran merupakan sebuah bentuk peralihan diantara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya tidak terlalu dalam, diantara kedalaman 3 sampai lima meter. Diameter sumuran biasanya antara 0.80 - 1.00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya. Pondasi ini menopang beban dan menjaga keseimbangan bangunan, dan salah satu utama fungsi dari pondasi sumuran ini adalah untuk menjaga kestabilan suatu bangunan. Pondasi sumuran termasuk tipe pondasi dengan biaya yang tergolong murah dan

memiliki kualitas menopang bangunan yang sangat baik, kemudian pondasi ini termasuk pondasi yang minim menimbulkan polusi udara yang menimbulkan kekhawatiran saat terjadinya pelaksanaan pekerjaan. Akan tetapi pondasi sumuran ini membutuhkan semen yang cukup tinggi dalam pengerjaannya.

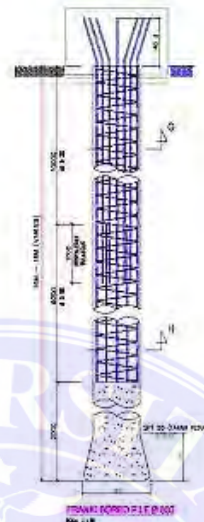


Gambar 5. Pondasi sumuran (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

### c. Pondasi *bored pile*

Pondasi *bored pile* fungsinya sama dengan pondasi dalam lainnya yaitu seperti pondasi tiang pancang. Perbedaannya adalah pada cara pengerjaannya, yaitu *bored pile* dimulai dengan melubangi tanah dahulu sampai kedalaman yang dibutuhkan, kemudian pemasangan tulangan besi yang dilanjutkan dengan pengecoran beton. Pada dasarnya, fungsi pondasi *bored pile* adalah sebagai dasar tapak satu gedung. Namun, karakteristiknya memungkinkan pilar pondasi ini untuk menopang beban yang lebih berat jika dibandingkan jenis lainnya. Terlebih jika proyek bangunan berdiri di atas tanah lempung atau berair, *bored pile* adalah pilar pondasi yang cocok untuk menahan agar tiang tidak bergeser ke samping.

Bukan hanya itu, rangkanya juga akan meminimalisir kemunculan gelombang pada tanah saat pembangunan mulai dilakukan



Gambar 6. Pondasi *Bore pile* (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

#### 2.4. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang adalah bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban permukaan ke tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. Beban terdistribusi sebagai beban vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang (Bowles, 1991).

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman



yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles 1991).

Pada proyek pembangunan jalan tol Binjai-Langsa ini di STA 8+325 memakai pondasi tiang pancang.

## 2.5. Klasifikasi Pondasi Tiang Pancang

Berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas (Hardiyatmo, 2010):

### 1. Tiang pancang (*driven pile*)

Tiang yang dipasang dengan cara membuat bahan berbentuk bulat atau bujur sangkar memanjang yang dicetak lebih dulu kemudian dipancang ditekan kedalam tanah.

### 2. Tiang bor (*drilled shaft*)

Tiang yang dipasang dengan cara mengebor tanah lebih dulu sampai kedalaman tertentu, kemudian tulangan baja dimasukkan kedalam lubang bor dan kemudian diisi/dicor dengan beton.

## 2.6. Keunggulan Pondasi Tiang Pancang

Adapun menurut Bowles (1991), pada umumnya kegunaan tiang pancang adalah sebagai berikut:

Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat.

1. Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.



2. Memampatkan endapan tak berkoheesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
3. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan dan atau pier (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
4. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban di atas permukaan air melalui air dan ke dalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh baik oleh beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

## **2.7. Pemilihan Jenis Pondasi Tiang Pancang**

Pemilihan tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak jenis variabel walaupun demikian harus ada indikator yang jelas yang dapat menunjukkan kesesuaian beberapa tiang pancang dengan kondisi – kondisi tertentu (Sardjono, 1988). Adapun faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain:

1. Tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri – ciri topografinya.
2. Jenis bangunan yang akan dibuat.
3. Alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan.

## 2.8. Jenis – Jenis Pondasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi, pemilihan jenis pondasi tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak variabel. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri-ciri topografinya, alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan dan jenis bangunan yang akan dibangun.

1. Pondasi tiang pancang berdasarkan cara pemindahan beban yang diterima tiang ke dalam tanah

Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang (Hardiyatmo, 2002), adalah sebagai berikut :

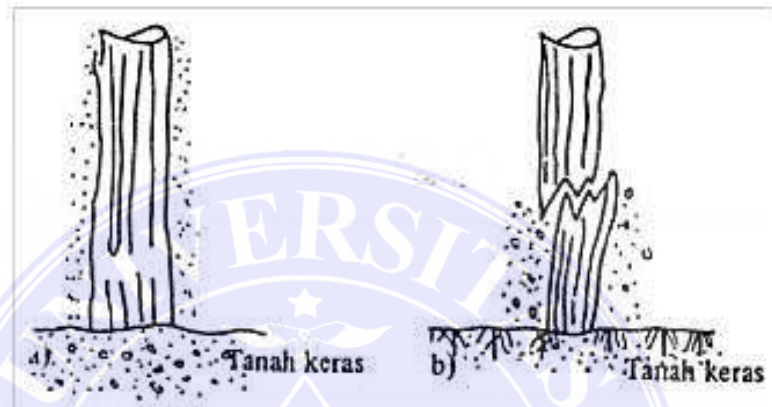
- a. *Point bearing pile (end bearing pile)* atau tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras yang mampu memikul beban yang diterima oleh 15 tiang tersebut. Lapisan tanah keras itu dapat berupa lempung keras sampai pada batu – batuan yang sangat keras
- b. *Friction pile* (tiang pancang yang bertahan dengan pelekatan antara tiang dengan tanah).
- c. Kombinasi antara *point bearing pile* dengan *friction pile*.

2. Pondasi tiang pancang berdasarkan bahan yang digunakan

Menurut bahan yang digunakan tiang pancang dibagi menjadi enam (Hardiyatmo, 2010) yaitu:

a. Tiang pancang kayu

Tiang kayu adalah tiang yang dibuat dari kayu, umumnya berdiameter antara 10 – 25 cm. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270 – 300 KN



Gambar 7. Tiang pancang kayu (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

b. Tiang pancang beton pracetak

Tiang beton pracetak yaitu tiang yang terbuat dari beton yang dicetak disuatu tempat dan diangkut ke lokasi rencana bangunan.

c. Tiang beton cetak ditempat

d. Tiang bor

Tiang bor dipasang kedalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai dan cor beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

e. Tiang baja profil

Tiang baja profil termasuk tiang pancang dengan bahan yang dibuat dari baja profil. Tiang baja profil berbentuk profil H, empat persegi panjang, segi enam dan lain – lainnya.

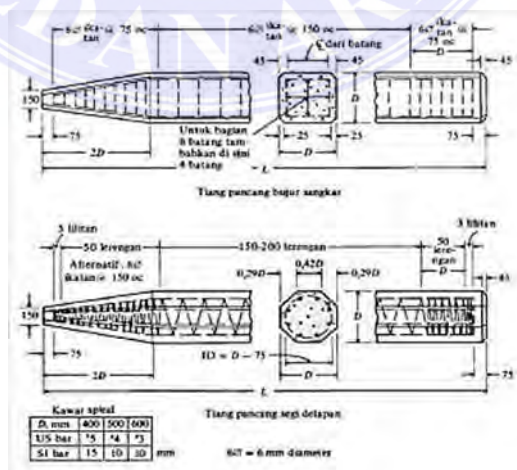
f. Tiang komposit

Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah – masalah pada kondisi tanah tertentu.

3. Jenis pondasi tiang berdasarkan cara pembuatan

a. *Precast reinforced concrete pile (spun pile)*

*Precast reinforced concrete pile* adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (*bekisting*), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. (Sardjono,1988). Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar (> 50 ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Dalam perencanaan tiang pancang beton precast ini, panjang tiang harus dihitung dengan teliti, dikarenakan kalau tidak teliti akan dilakukan pengelasan untuk penyambungan.

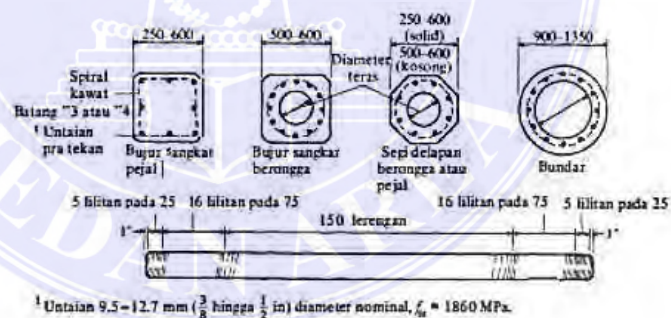


Gambar 8. *Spun pile* (Pengantar Teknik Pondasi, Rudi Gunawan, 2019)

### b. Precast prestressed concrete pile

*Precast prestressed concrete pile* adalah tiang pancang dari beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestress, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras. Untuk tiang pancang jenis ini biasanya dibuat oleh pabrik yang khusus membuat tiang pancang, untuk ukuran dan panjangnya dapat dipesan langsung sesuai dengan yang diperlukan.

Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar ( $> 50$  ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Dalam perencanaan tiang pancang beton precast ini, panjang tiang harus dihitung dengan teliti, sebab kalau ternyata panjang dari tiang ini kurang, terpaksa harus dilakukan penyambungan, hal ini akan banyak memakan waktu dan juga biaya (Sardjono, 1988).



Gambar 9. Concrete pile, (Ananda Putra, 2019)

### c. Cast in place

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan cara membuat lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah (Sardjono, 1988).



## 2.9. Pengujian Tiang Pancang

Pengujian pembebanan tiang merupakan salah satu hal yang harus dilakukan pada suatu pekerjaan pondasi dalam. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan daya dukung tiang terhadap beban yang bekerja dan masih berada dalam toleransi penurunan yang diijinkan.

## 2.10. Kalendering

Pada umumnya kalendering digunakan pada pekerjaan pemancangan tiang pancang (beton maupun pipa baja) untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang. Alat pancang bisa berupa *diesel hammer* maupun *hydraulic hammer*. Perhitungan kalendering menghasilkan output yang berupa daya dukung tanah dalam ton.

Kalendering adalah grafik catat yang berada pada alat pancang yang berfungsi untuk mengetahui sejauh mana pemancangan yang telah dilakukan sudah memenuhi spesifikasi daya dukung yang diinginkan. Pembacaan satu kalendering dilakukan dengan 10 pukulan. Perhitungan kalendering menghasilkan output yang berupa daya dukung tanah dalam Ton. Biasanya kalendering dalam proses pemancangan tiang pancang merupakan item wajib yang harus dilaksanakan dan menjadikan laporan untuk proyek.

Pelaksanaan dari kalendering merupakan bagian dari kontrak pemancangan. Pelaksanaanya dilakukan pada saat 10 pukulan terakhir. Kapan saat dilaksanakan kalendering adalah saat hampir mendekati *top pile* yang disyaratkan dan faktor lain yang disesuaikan kondisi dilapangan. Tahapan pelaksanaanya yaitu:

1. Saat kalendering telah ditentukan dihentikan pemukulannya oleh *hammer*.

2. Memasang kertas milimeter blok pada tiang pancang menggunakan selotip atau lem.
3. Menyiapkan spidol yang ditumpu pada papan penopang dan waterpass tukang, kemudian menempelkan ujung spidol pada kertas milimeter.
4. Menjalankan pemukulan.
5. Satu orang melakukan kalendering dan satu orang mengawasi serta menghitung jumlah pukulan.
6. Setelah 10 pukulan kertas milimeter diambil.
7. Tahap ini bisa dilakukan 2-3 kali agar memperoleh grafik yang bagus.
8. Usahakan kertas bersih, karena kalau menggunakan *diesel hammer* biasanya kena oli dan grafiknya jadi kurang valid karena tertutup oli.
9. Setelah tahapan selesai hasil kalendering ditanda tangani kontraktor, pengawas, dan direksi lapangan untuk selanjutnya dihitung daya dukungnya.

### 2.11. *Pile Driving Analyzer (PDA) Test*

*Pile driving analyzer test* atau sering disingkat PDA Test adalah suatu sistem pengujian pembebanan untuk mencari daya dukung menggunakan beban dinamik dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari *strain* 20 Universitas Sumatera Utara *transducer* dan sensor *accelerometer* untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu/hammer dengan berat tertentu. Metode pengujian PDA menggunakan '*Case Methode*'. Untuk beban palu/hammer yang digunakan 1% - 2% dari kapasitas desain load tiang yang direncanakan.

Untuk melakukan tes ini diperlukan beban dinamik berupa tumbukan pada tiang. Pada tiang pancang, biasanya tes PDA dilakukan dengan menggunakan

hammer pancang yang ada. Tumbukan yang terjadi akan menghasilkan gelombang, pembacaan gaya dan kecepatan gelombang adalah dasar untuk menghitung daya dukung pondasi. Hasil dari uji PDA kemudian dianalisa lebih jauh menggunakan *case pile wave analysis program* (CAPWAP).

Alat dan Perlengkapan pengujian PDA Test yang digunakan antara lain:

1. PDA – 8G Ex. PDI (USA).
2. Dua (2) *strain transducer* untuk tiang ( $D \leq 60$  cm) atau empat (4) *strain transducer* untuk tiang ( $D > 60$  cm).
3. Dua (2) *accelerometer* untuk tiang ( $D \leq 60$  cm) atau empat (4) *accelerometer* untuk tiang ( $D > 60$  cm).
4. Perlengkapan tambahan seperti *hammer drill*, gerinda, dan perlengkapan *safety*.

Pengujian PDA Tes dilaksanakan berdasarkan ASTM D4945 (*standard test method for high strain Dynamic testing of deep foundations*) (ASTM international, 2017). Pekerjaan persiapan pengujian yang dilaksanakan antara lain:

1. Kondisi permukaan kepala tiang dipersiapkan rata dan level.
2. Pemasangan *strain transducer* dan *accelerometer* pada sisi yang berlawanan ( $180^\circ$ ) dengan jarak 2D (minimal 1,5D) dari kepala tiang.
3. Pemasangan hammer pada tiang uji dan cushion pada kepala tiang.
4. Memastikan semua konektivitas instrument peralatan pengujian berfungsi dengan baik.
5. Memasukan data tiang uji dan *hammer* pada alat PDA.

6. Melakukan pengecekan kembali untuk memastikan bahwa pengujian tiang ini sudah siap untuk dilaksanakan

Pengujian dilaksanakan dengan menjatuhkan hammer dengan ketinggian jatuh pertama sekitar 50 cm, kemudian tinggi jatuh dinaikan secara bertahap sesuai dengan instruksi *engineer* PDA hingga mencapai daya dukung yang diantisipasi. Pada saat pengujian, beberapa variabel tiang yang termonitor antara lain: kapasitas tiang, energi, penurunan, maupun integritas tiang.

Data-data PDA Test tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan CAPWAP (*case pile wave analysis program*) untuk memperoleh *load transfer* pada tiang, perilaku tanah disekelilingnya, daya dukung friksi, daya dukung ujung tiang, tegangan tekan dan tarik sepanjang tiang serta penurunan tiang.

## 2.12. Alat Pemancang Tiang

Proses pemasangan tiang ke dalam tanah yaitu dengan menggunakan alat pemukul berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau yang hanya dijatuhkan. Penutup (*pile cap*) biasanya diletakkan di kepala tiang yang terkadang dibentuk dalam geometri tertutup.

1. Pemukul jatuh (*drop hammer*) Pemukul jatuh merupakan blok pemberat yang di jatuhkan dari atas. Pemberat ditarik dengan tinggi jatuh tertentu kemudian dilepas dan menumbuk tiang. Pemakaian alat tipe ini membuat pelaksanaan pemancangan berjalan lambat, sehingga alat ini hanya dipakai pada volume pekerjaan pemancang yang kecil.
2. Pemukul aksi tiang (*single-acting hammer*) Pemukul aksi tunggal berbentuk memanjang dengan ram yang bergerak naik oleh udara atau uap yang

terkompresi, sedangkan gerakan turun ram disebabkan oleh beratnya sendiri. Energi pemukul aksi tunggal adalah sama dengan berat ram dikalikan tinggi jatuh.

3. Pemukul aksi double (*double-acting hammer*) Pemukul aksi *double* menggunakan uap atau udara untuk mengangkat ram dan untuk mempercepat gerakan kebawahnya. Kecepatan pukulan dan energi *output* biasanya lebih tinggi dari pemukul aksi tunggal.
4. Pemukul diesel (*diesel hammer*) Pemukul *diesel* terdiri dari *silinder*, ram, balok anvil dan sistem injeksi bahan bakar. Pemukul tipe ini umumnya kecil, ringan, dan digerakkan dengan jumlah benturan dari ram ditambah energi dari hasil ledakan.

### 2.13. Metode Pelaksanaan Tiang

Pemancangan merupakan suatu proses penempatan tiang pancang di dalam tanah sehingga berfungsi sesuai perencanaan. Secara umum tahapan pekerjaan pondasi tiang pancang sebagai berikut:

#### 1. Pekerjaan persiapan

Berikut langkah-langkah untuk memulai persiapan pengerjaan pada lokasi proyek.

- a. Membuat tanda, tiang pancang harus diberi tanda serta tanggal saat tiang pancang tersebut dicor. Titik-titik angkat yang tercatat pada gambar harus dibuat tanda dengan jelas pada tiang pancang. Untuk mempermudah pekerjaan, maka tiang pancang diberi tanda setiap satu meter.



- b. Pengangkatan/pemindahan, tiang pancang harus dipindahkan/diangkat dengan hati-hati untuk menghindari retak maupun kerusakan lain yang tidak diinginkan.
- c. Rencanakan *final set* tiang, untuk menentukan pada kedalaman mana pemancangan tiang dapat dihentikan, berdasarkan data tanah dan data jumlah pukulan terakhir (*final set*).
- d. Rencanakan urutan pemancangan, dengan pertimbangan kemudahan maneuver alat.
- e. Tentukan titik pancang dengan *theodolite* dan tandai dengan patok.
- f. Pemancangan dapat dihentikan sementara untuk penyambungan batang berikutnya bila level kepala tiang telah mencapai level muka tanah sedangkan level tanah keras yang diharapkan belum tercapai. Proses penyambungan tiang:
  - a. Tiang diangkat dan kepala tiang dipasang *helmet* seperti yang dilakukan pada batang pertama.
  - b. Ujung bawah tiang didudukan di atas kepala tiang yang pertama sedemikian sehingga sisi-sisi pelat sambung kedua tiang telah terhimpit dan menempel menjadi satu.
  - c. Penyambungan sambungan las dilapisi dengan anti karat.
  - d. Tempat sambungan las dilapisi dengan anti karat.
  - e. Selesai penyambungan, pemancangan dapat dilanjutkan seperti yang dilakukan pada batang pertama. Penyambungan dapat diulangi sampai mencapai kedalaman tanah keras yang ditentukan.

- g. Pemancangan tiang dapat dihentikan bila ujung bawah tiang telah mencapai lapisan tanah keras/ *final set* yang ditentukan.
- h. Pemotongan tiang pancang pada *cut off level* yang telah ditentukan.

## 2. Proses pengangkatan

- a. Pengangkatan tiang untuk disusun (dengan dua tumpuan) metode pengangkatan dengan dua tumpuan ini biasanya pada saat penyusunan tiang beton, baik dari pabrik ke *trailer* ataupun dari *trailer* ke penyusunan lapangan. Persyaratan umum dari metode ini adalah jarak titik angkat dari kepala tiang adalah  $1/5 L$ .
- b. Pengangkatan dengan satu tumpuan Metode pengangkatan ini biasanya digunakan pada saat tiang sudah akan siap dipancang oleh mesin pemancangan sesuai titik pemancangan yang telah ditentukan di lapangan. Persyaratan umum dari metode pengangkatan satu tumpuan ini adalah jarak antara kepala tiang dengan titik anker berjarak  $1/3 L$ .

## 3. Proses pemancangan

- a. Alat pancang ditempatkan sedemikian rupa sehingga as *hammer* jatuh pada patok titik pancang yang telah ditentukan.
- b. Tiang diangkat pada titik angkat yang telah disediakan pada setiap lubang. Tiang didirikan disamping *driving lead* dan kepala tiang dipasang pada *helmet* yang telah dilapisi kayu sebagai pelindung dan pegangan yang telah ditentukan.
- c. Ujung bawah tiang didudukan secara cermat di atas patok pancang yang telah ditentukan.

- d. Penyetelan vertikal tiang dilakukan dengan mengatur panjang backstay sambil diperiksa dengan *waterpass* sehingga diperoleh posisi yang vertikal. Sebelum pemancangan dimulai bagian bawah tiang diklem dengan *center gate* pada dasar *driving lead* agar posisi tiang tidak bergeser selama pemancangan, terutama untuk tiang batang pertama.
- e. Pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan *hammer* secara kontiniu ke atas *helmet* yang terpasang di atas kepala tiang.

#### 4. *Quality control*

##### a. Kondisi fisik tiang

- 1) Seluruh permukaan tiang tidak rusak atau retak.
- 2) Umur beton telah memenuhi syarat.
- 3) Kepala tiang tidak boleh mengalami keretakan selama pemancangan.

##### b. Toleransi

Vertikalisasi tiang diperiksa secara periodik selama proses pemancangan berlangsung. Penyimpangan arah vertikal dibatasi tidak lebih dari 1:75 dan penyimpangan arah horizontal dibatasi tidak lebih dari 75 mm.

##### c. Penetrasi

Tiang sebekum dipancang harus diberi tanda pada setiap setengah meter di sepanjang tiang untuk mendeteksi penetrasi per setengah meter. Dicatat jumlah pukulan penetrasi setiap setengah meter.

##### d. *Final set*

Pemancangan baru dapat dihentikan apabila telah dicapai *final set* sesuai perhitungan. Pemancangan dihentikan jika telah mencapai tanah keras,

dikatakan jika pemancangan sudah mencapai tanah keras dimana palu dari *hammer* sudah mental tinggi, biasanya dalam setiap alat pancang sudah ada ukurannya, jika sudah pada posisi seperti itu maka segera dilakukan pembacaan kalendering.

#### 2.14. *Safety Factor*

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas tiang dibagi dengan faktor aman tertentu. Fungsi faktor aman adalah :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
2. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
5. Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.

Reese dan O'Neill (1989) menyarankan faktor aman ( $F$ ) untuk perencanaan pondasi tiang yang di pertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut :

1. Tipe dan kepentingan dari struktur
2. Variabilitas tanah (tanah tidak uniform)
3. Ketelitian penyelidikan tanah
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan
5. Ketersediaan data di tempat (uji beban tiang)
6. Kemungkinan beban desain actual yang terjadi selama beban layanan struktur.

## 2.15. Penyelidikan Tanah

Uji penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah / sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, jalan dan lain – lain, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah. Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis pondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan, selain itu dari hasil penyelidikan tanah dapat ditentukan perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Dari hasil penyelidikan tanah ini akan dipilih alternatif / jenis, kedalaman serta dimensi pondasi yang paling ekonomis tetapi masih aman

Agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak timbul penurunan (settlement) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan 20 tanah yang cukup padat. Untuk mengetahui letak / kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*), dilakukan kegiatan penyelidikan di lapangan (lokasi rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium (Gunawan, 1991). Penyelidikan tanah untuk perancangan pondasi terdiri dari beberapa macam, meliputi :

### 1. *Deep Booring*

*Deep Boring* ditaksakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *standard penetrotion test* juga ditakukan pada pekerjaan *boring*. *Tes deep boring* merupakan pekerjaan pengambilan sample tanah asli untuk mengetahui kondisi tanah per-layer dan jika dimungkinkan sampai ke tanah keras. Dalam *boring* ini sekaligus dilakukan



dengan tes *Undisturbed* dan *Disturbed Sampling* serta SPT (*standard penetration test*) disetiap interval 2 m. Hal ini mengacu sesuai dengan prosedur ASTM D.1586, dengan berat *hammer* adalah 63,5 kg dan tinggi jatuh bebas *hammer* adalah 76 cm. Biasanya untuk pelaksanaan tes digunakan *hammer* otomatis. Contoh tanah yang diperoleh dari tabung SPT, dimasukan dalam kantong plastik dan diberi label nama sesuai dengan nilai/jumlah pukulan, kedalaman dan nomor bornya. Contoh tanah yang diperoleh dari SPT tersebut bisa digunakan untuk *visual description* maupun uji laboratorium bila diperlukan. Tahapan pelaksanaan *deep boring* yaitu: melakukan pengumpulan data lapangan yang akan digunakan sebagai area pembangunan gedung, menentukan satu titik untuk test boring, memasang peralatan pada titik tersebut, pengeboran dilakukan terus menerus dengan cara *rotary core drilling*. Pengeboran ini dilaksanakan dengan sistem *rotary drilling*, tabung inti (*core barrel*) yang digunakan adalah *single core barrel* Ø 73 mm, panjang 1,5 m.

## 2. Metode tes *undisturbed* dan *disturbed sampling*

Tanah tak terganggu (*undisturbed soil sample*) adalah tanah yang terletak dibawah permukaan tanah yang memiliki struktur berbeda dari tanah terganggu (*disturbed soil sample*) karena tanah tersebut masih belum terganggu oleh faktor luar. Sedangkan tanah terganggu merupakan tanah yang memiliki distribusi ukuran partikel sama dengan seperti di tempat asalnya, tetapi strukturnya telah cukup rusak atau hancur seluruhnya. Tujuan pengambilan sampel tanah utuh diperlukan untuk berbagai analisa sifat fisik tanah seperti penentuan bobot isi tanah (*bul density*), ruang pori total (*porositas*) tanah, permeabilitas, penentian pH, penentuan distribusi pori, kandungan atau kadar

air yang tersedia bagi tanaman dll. Sedangkan tujuan pengambilan sampel tanah terganggu untuk kepentingan analisa kimia dan kestabilan agregat (*agregat stability*) Pengambilan contoh tanah asli dan contoh tanah terganggu dilaksanakan pada setiap interval 0,5 m atau pada setiap perubahan tanah. Pengambilan contoh tanah ini dimaksudkan untuk penentuan jenis dari tanah dan hasilnya akan di sajikan didalam *boring log*, setelah *boring log* selesai selanjutnya dilakukan pengamatan muka air tanah didalam lubang bor setelah dilakukan pemboran selesai, kapasitas *boring* ini maksimal sampai 6 m, yaitu dengan pelaksanaan sebagai berikut: menentukan satu titik untuk test boring, memasang peralatan pada titik tersebut, pengambilan sample dilakukan menggunakan tabung yang ditutup dengan parafin pada kedua ujungnya, dan dimasukkan ke dalam plastik, setiap plastik diberi keterangan sample untuk dibawa ke laboratorium, semua sample harus dihindari dari benturan dan sinar matahari.

### 3. Penyelidikan di lapangan (*standart penetration test*)

*Standard penetration test* dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa *interval* kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter pertawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukutan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi pertapisan tanah. Uji penetrasi standar (SPT) adalah tes penetrasi dinamis in-situ yang dirancang untuk memberikan informasi tentang sifat-sifat geoteknik tanah *standart penetration test* (SPT) dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relatif dari lapisan tanah yang diuji. Untuk melakukan pengujian SPT dibutuhkan

sebuah alat utama yang disebut *standard split barrel sampler* atau tabung belah standar. Alat ini dimasukkan ke dalam *bore hole* setelah dibor terlebih dahulu dengan alat bor. Alat ini diturunkan bersama-sama pipa bor dan diturunkan hingga ujungnya menumpu ke tanah dasar. Setelah menumpu alat ini kemudian dipukul (dengan alat pemukul yang beratnya 63,5 kg) dari atas. Pada pemukulan pertama alat ini dipukul hingga sedalam 15,24 cm. Kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm. Pada pukulan kedua inilah muncul nilai "N" yang merupakan manifestasi jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk membuat tabung belah standar mencapai kedalaman 30,48 cm.

#### 4. *State cone penetration test* atau uji sondir

Test sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*cone resistance*) dan hambatan tekat (*local friction*) secara langsung di lapangan. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) serta jumlah hambatan petekat (TF). Hasil SPT ini disajikan dalam bentuk diagram pada boring log. Penyelidikan tanah dibutuhkan untuk keperluan desain pondasi, salah satu metode pelaksanaan adalah dengan metode sondir. Uji ini dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan tanah keras (*hard layer*) dan homogenitas tanah dalam arah lateral. Tujuan sondir secara umum adalah untuk mengetahui kekuatan tanah tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan. Hasil CPT disajikan dalam bentuk diagram sondir yang mencatat nilai tahanan konus dan friksi selubung, kemudian digunakan untuk menghitung daya dukung

pondasi yang diletakkan pada tanah tersebut. Penyondiran ini dilaksanakan hingga mencapai lapisan tanah keras dimana alat ini dilengkapi dengan *adhesion jacket cone type Bagemann* yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*cone resistance*) dan hambatan lekat (*local friction*) secara langsung dilapangan. Pembacaan manometer dilakukan setiap interval 2 m, dimana nilai perlawanan konus telah mencapai  $250 \text{ kg/cm}^2$  atau telah mencapai jumlah hambatan lekat 2,5 ton (kapasitas alat). Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir dibawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) serta jumlah hambatan pelekat ( $t_f$ ). Kemudian tahapan pelaksanaan sondir test adalah pertama dilakukan pemasangan alat pada titik sondir kemudian nilai yang dihasilkan merupakan nilai konus atau friction conus yang dilakukan setiap interval 20 cm kedalaman sampai menunjukkan geser maksimum  $250 \text{ kg/cm}^2$  atau sampai kedalaman maksimum alat sondir biasanya 30 m. Gunanya sondir test untuk mengetahui jenis lapisan tanah.

Hasil dari penyetidikan tanah yang ditaporkan oleh soil engineer antara lain ialah :

1. Kondisi tanah dasar yang menjetaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
2. Analisis daya dukung tanah.
3. Besar nilai SPT (*standard penetration test*) dari beberapa titik bor
4. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat dari beberapa titik sondir.
5. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah, dan lainnya.

Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data-data tanah (apabila menggunakan pondasi tiang). Rekomendasi dari *soil engineer* mengenai jenis pondasi yang digunakan.

## 2.16. Tanah

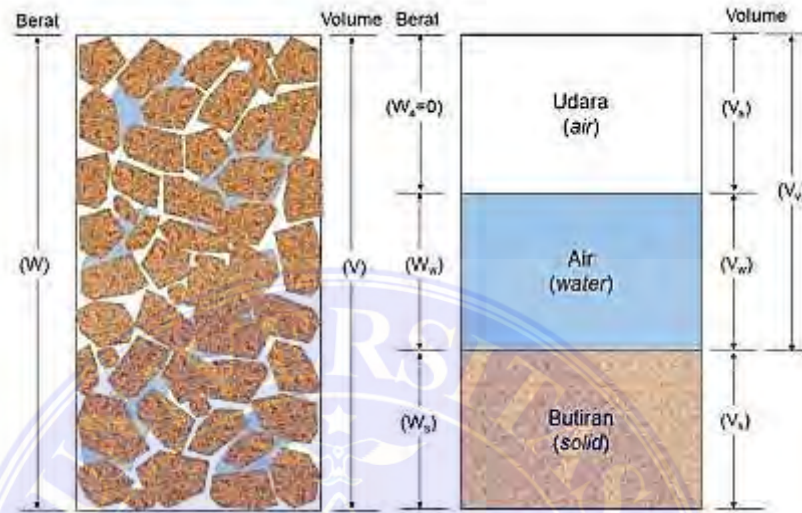
Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik, dan endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Secara umum, tanah dapat dibedakan menjadi tanah berbutir kasar (*granular*) dan tanah berbutir halus (*kohesif*). Perbedaan kedua jenis tanah ini dapat dirangkum secara singkat seperti disajikan pada. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancumnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca.

Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk - bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Tanah terdiri dari tiga fase (*phase*), yaitu fase padatan (*solid*), fase



air (*water*) dan fase udara. Volume dari setiap fase dapat mempengaruhi karakteristik tanah, seperti porositas dan angka pori. Gambar 10 menunjukkan diagram fase tanah.



Gambar 10. Diagram fase tanah (Dasar- Dasar Mekanika Tanah, Darwis, 2018)

Pengukuran fase tanah umumnya mencakup tiga pengujian utama, yaitu pengujian phase meter menggunakan air pycnometer, kadar air, dan berat jenis tanah. Besarnya volume masing-masing fase dapat dihitung menggunakan air pycnometer. Alat ini bekerja berdasarkan hukum Boyle-Charles, dimana pengukuran volume mengacu pada perbedaan gerakan.

Tanah juga didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel padat tersebut (Das, 2010). Menurut Bowles dkk, tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau didekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.

a. Sifat tanah

Secara umum dari hasil survey lapangan dan test laboratorium tanah memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Braja M Das, 1998):

- 1) Permeabilitas tanah
- 2) Kemampuan dan konsoliditas tanah
- 3) Kekuatan tegangan geser tanah.
- 4) Klasifikasi Tanah

Secara umum tanah dapat diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan sifat lekatnya, yaitu tanah kohesif, tanah tidak kohesif (*granular*) dan tanah organik tanah. Sifat-sifat tanah kohesif adalah sebagai berikut :

1. Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir - butirnya seperti tanah lempung.

2. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir - butirnya atau hampir tidak mengandung lempung misal pasir.
3. Tanah Organik adalah tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan - bahan organik (sifat tidak baik) seperti sisa-sisa hewani maupun tumbuh-tumbuhan.

Jenis tanah berdasarkan ukuran butir digolongkan menjadi :

- a. Batu Kerikil (*gravel*)
- b. Pasir (*sand*)
- c. Lanau (*slit*)
- d. Lempung (*clay*)

Batu kerikil dan pasir dikenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir kasar/tidak cohesive, sedangkan lanau dan lempung di kenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir halus/*cohesive*

- b. Jenis-jenis tanah

Jenis tanah berdasarkan ukuran butir digolongkan menjadi :

1. Batu kerikil dan pasir golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butiran batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan batu, tetapi mungkin terdiri dari satu macam zat mineral tertentu, butiran tersebut biasa terdapat dalam satu ukuran saja atau mencakup seluruh ukuran dari batu besar sampai pasir halus, keadaan ini disebut bahan yang bergradasi baik.
2. Lanau (*slit*) Yaitu tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No.200). Lanau terdiri dari dua jenis yaitu lanau anorganik

(*inorganik silt*) yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil mengandung butiran kuarsa sedimen yang kadang disebut tepung batuan (*rockflour*) dan tanah lanau organik (*organik silt*) tanah agak plastis berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus, warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu gelap.

3. Tanah Lempung Tanah lempung adalah tanah yang terdiri dari butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastis dan kohesi. Kohesi menunjukkan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya sedangkan plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu diubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya tanpa terjadi retakan atau pecah-pecah.

c. Sistem Klasifikasi Tanah

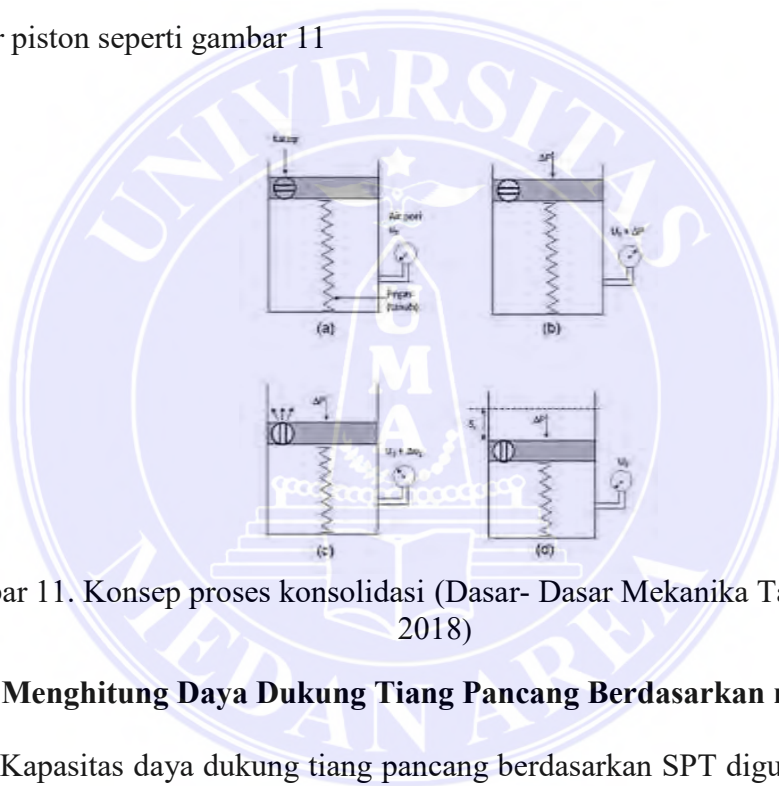
Adapun sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam teknik jalan raya adalah sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) yang dikelompokkan dalam dua kelompok:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt

digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

**2.16.1. Konsolidasi**

Konsolidasi merupakan proses berkurangnya volume atau rongga pori tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan. Proses konsolidasi dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air keluar dari rongga tanah. Mekanisme proses konsolidasi satu dimensi dapat dianalogikan dengan dengan sebuah *silinder* piston seperti gambar 11



Gambar 11. Konsep proses konsolidasi (Dasar- Dasar Mekanika Tanah, Darwis, 2018)

**2.17. Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan nilai SPT**

Kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan SPT digunakan metode Mayerhoff, berikut rumus perhitungan metode Mayerhoff.

1. Kapasitas daya dukung tiang pancang pada tanah yang kohesif

a. Daya dukung ujung tiang pancang

$$QP = 40 \times Na \times Ap \times \frac{Li}{D} \leq 400 \times Na \times Ap \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :



N1 : Nilai SPT pada kedalaman 10D pada ujung tiang pancang ke atas

N2 : Nilai SPT pada kedalaman 10D pada ujung tiang pancang ke bawah

Ap : Luas tiang pancang ( $m^2$ ) =  $\frac{1}{4} \pi D$

b. Tahanan geser selimut tiang pancang

$$Q_s = 2 \times N_{spt} \times p \times L_i \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

Nspt : Nilai SPT

Li : Tebal lapisan tanah (m)

P : Keliling tiang pancang (m)

2. Kapasitas daya dukung tiang pancang pada tanah non kohesif

a. Daya dukung ujung tiang pancang

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \dots\dots\dots(3)$$

b. Tahan geser selimut tiang pancang

$$Q_s = \alpha \times c_u \times P \times L_i \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

Qp : Tahanan ujung ultimit (kN)

Qs : Tahanan geser selimut tiang pancang (kN)

$\alpha$  : Koefisien adhesi antara tanah dan tiang pancang

$c_u$  : Kohesi *undrained* ( $kN/m^2$ )

$c_u$  :  $N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$

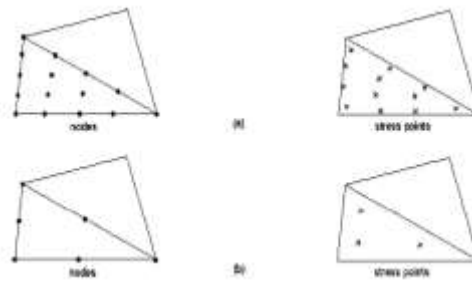
Ap : Luas tiang pancang ( $m^2$ )

Li : Tebal lapisan tanah (m)

P : Keliling tiang pancang (m)

## 2.18. Analisis Permodelan dalam PLAXIS

PLAXIS adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymetris*. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva. Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program PLAXIS ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat didekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan. Program plaxis merupakan program yang didasarkan oleh metode elemen hingga (*finite element*) yang menyimulasikan perilaku tanah untuk mendapatkan nilai deformasi dan stabilitas dari suatu struktur geoteknik yang dibangun. Pada analisis PLAXIS digunakan permodelan untuk mensimulasikan beberapa tingkah laku dari tanah. Permodelan yang digunakan pada skripsi ini yaitu permodelan Mohr Coulomb. Permodelan ini digunakan sebagai perkiraan awal dari tingkah laku tanah secara umum. Pada PLAXIS terdapat 4 sub-program yaitu: *Input, Calculation, Output, dan Curve*.

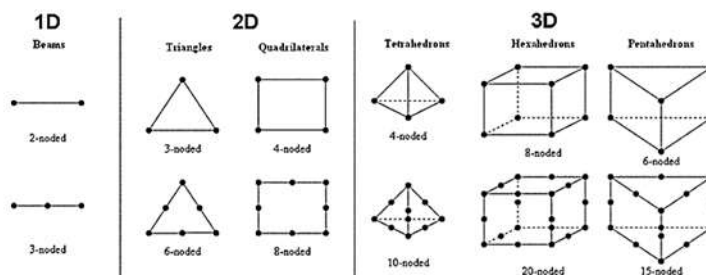


Gambar 12. Jenis elemen PLAXIS (Teguh, R., Rusbandi, Sudiadi, Novita, D., & Mardiani. 2022)

Ada tiga pembagian elemen secara garis besar dalam metode Elemen Hingga, yaitu:

1. D (*line elements*) ; sering dipakai dalam pemodelan beam element. Beam element menerima momen tahanan (*bending moment*).
2. 2D (*plane elements*) : bentuk elemen 2D yang umum dipakai dalam triangular element (segitiga) dan quadrilateral element (segiempat).
3. 3D : secara umum elemen-elemen 3D bisa dibedakan menjadi solid elements, shell elements, dan solid-shell elements.




Didalam elemen terdapat dua jenis titik, yaitu titik nodal dan juga titik integrasi.



Gambar 13. Titik nodal dan integrasi (Teguh, R., Rusbandi, Sudiadi, Novita, D., & Mardiani. 2022)

1. Fungsi perpindahan (*shape function*)

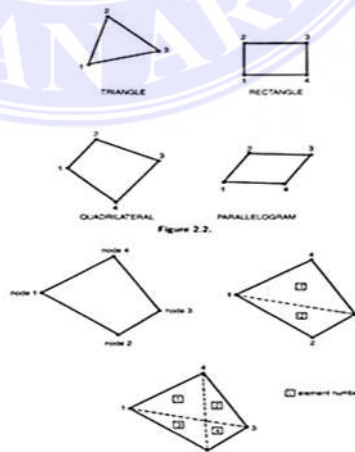
Fungsi perpindahan atau *shape function* (N) adalah fungsi yang menginterpolasikan perpindahan di titik nodal ke perpindahan di elemen.

Items in Pascal Triangle	Polynomial Degree	Number of Terms Triangle	
1	0 (constant)	1	
x y	1 (linear)	3	CST 
x <sup>2</sup> xy y <sup>2</sup>	2 (quadratic)	6	LST 
x <sup>3</sup> x <sup>2</sup> y xy <sup>2</sup> y <sup>3</sup>	3 (cubic)	10	QST 

Gambar 14. Fungsi perpindahan (Teguh, R., Rusbandi, Sudiadi, Novita , D., & Mardiani. 2022)

2. Elemen untuk analisa dua dimensi

Analisa dua dimensi pada umumnya merupakan analisa yang menggunakan elemen *triangular* atau *quadrilateral*. Bentuk umum dari elemen-elemen tersebut berdasarkan pada pendekatan *Iso-Parametric* di mana fungsi interpolasi *polynomial* dipakai untuk menunjukkan *displacement* pada elemen.



Gambar 15. Bentuk umum elemen dua dimensi (Teguh, R., Rusbandi, Sudiadi, Novita , D., & Mardiani. 2022)

### 3. Interpolasi *displacement*

Nilai-nilai nodal *displacement* pada solusi elemen hingga dianggap sebagai *primary unknown*. Nilai ini merupakan nilai *displacement* pada nodes. Untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut harus menginterpolasikan fungsi-fungsi yang biasanya merupakan *polynomial*

## 2.19. Penurunan Tiang Pancang

Penurunan tiang pancang saat pondasi tiang dibebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan (Hardiyatmo, 2010) berapa factor yang mempengaruhi penurunan tiang pancang tersebut antara lain :

1. Kegagalan/keruntuhan sebab terlampauinya daya dukung tanah
2. Terjadinya *defleksi* yang besar pada pondasi
3. Distorsi geser (*shear distorition*) sebab dari tanah pendukungnya
4. Dan yang terakhir akibat penurunan tanah akibat penurunan angka pori

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka perlu dilaksanakan pencegahan terhadap penurunan pondasi yang berlebihan dengan dilakukan perhitungan penurunan pondasi tiang pancang dengan metode elastis dan menggunakan PLAXIS serta melakukan perhitungan tiang pancang kelompok dengan metode elastis.

### 2.19.1 Penurunan Tiang Tunggal Elastis

Penurunan elastis tiang pancang adalah penurunan yang terjadi dalam waktu dekat atau dengan segera setelah penerapan beban (*elastic settlement atau immediate settlement*).



Penurunan total adalah jumlah dari ketiga faktor tersebut diperoleh pada persamaan di bawah ini :

$$S = Se_{(1)} + Se_{(2)} + Se_{(3)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

S : Penurunan total

Se1 : Penurunan elastis tiang tunggal

Se2 : Penurunan tiang pancang akibat beban diujung tiang

Se3 : Penurunan tiang pancang disebabkan beban disepanjang tiang

$$Se1 = \frac{(Q_{wp} + EQ_{ws}) \cdot L}{A_p + E_p} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$Se2 = \frac{(q_{wp} D)}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \dots \dots (2.3)$$

$$Se3 = \frac{(Q_{ws})}{pL} \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Q<sub>wp</sub> : Daya dukung yang bekerja pada ujung tiang pancang dikurangi daya dukung friction

Q<sub>ws</sub> : Daya dukung *friction* (kN)

L : Panjang tiang pancang

A<sub>p</sub> : Luas penampang tiang pancang (m<sup>2</sup>)

E<sub>p</sub> : Modulus elastisitas tiang pancang (kN/m<sup>2</sup>)

€ : Koefisien *skin friction*

D : Diameter tiang pancang

Q<sub>wp</sub> : A<sub>p</sub>

I<sub>wp</sub> : *influence factor* 0,85

E<sub>s</sub> : Modulus elastisitas tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$$I_{ws} : (2+0,36\sqrt{L}/D) \dots \dots (2.5)$$

## 2.20. Kelompok Tiang

Kelompok tiang adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu di bagian atasnya dengan menggunakan *pile cap*. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, dan susunan tiang.

Dalam kondisi sebenarnya pondasi tidak memungkinkan bahwa tiang pancang dapat berdiri sendiri (*single pile*) pada suatu konstruksi. Melainkan selalu dalam bentuk beberapa tiang atau kelompok tiang yang dimana tiang diberi poer (*footing*).

### 2.20.1 Penurunan Tiang Kelompok

Penurunan tiang pancang adalah berpindahnya titik tiang yang diakibatkan oleh meningkatnya tegangan pada lapisan dasar yang sedalam pemancangan tiang pancang bersifat elastisitas tanah. Penurunan tiang pancang kelompok adalah jumlah penurunan elastis dengan penurunan konsolidasi.

Penurunan tiang pancang kelompok (Vesic, 1977) dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$S_g = S \sqrt{B_g/D} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :

$S_g$  : Penurunan tiang kelompok

$S$  : Penurunan pondasi tiang tunggal

$B_g$  : Lebar kelompok tiang

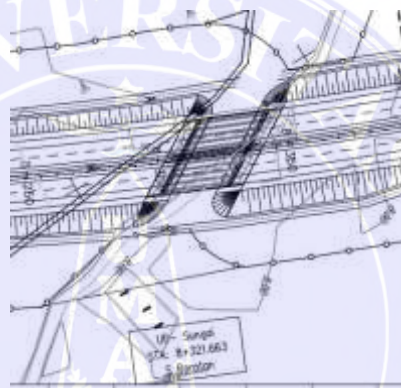
$D$  : Diameter tiang pancang

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Deskripsi Penelitian

Proyek ini berlokasi di Jalan Tol Binjai-Langsa Zona I Binjai – Pangkalan Brandan dimana lokasi proyek berada pada STA 8+325 dibangun sebuah Jembatan, dimana jembatan ini berfungsi untuk sebagai penghubung dua bagian jalan yang terputus oleh sungai Rorotan.



Gambar 16. Plan profil jalan STA 8+325 (Data Proyek, 2022)

#### 3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada jalan tol Binjai-Stabat pada seksi I dimana pada STA 8+325. Lokasi proyek dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut



Gambar 17. Lokasi proyek STA 8+325 (Data Proyek, 2022)

### 3.3. Metode Penelitian

Metode Penelitian adalah cara memecahkan suatu masalah atau mengembangkan ilmu pengetahuan dengan metode ilmiah. Atau secara lebih jelas lagi dapat dijelaskan metode penelitian merupakan cara-cara ilmiah untuk memperoleh data yang valid, tujuannya dapat ditemukan dan dikembangkan serta dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga pada gilirannya dapat berguna untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi suatu masalah.

### 3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah proses tahap awal untuk melakukannya suatu penelitian dan pengadaan data sekunder maupun primer. Pengumpulan data merupakan suatu hal yang penting untuk mendapatkan suatu keberhasilan dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa data sekunder yang akan digunakan dalam penelitian. Adapun data sekunder yang digunakan sebagai berikut adalah sebagai berikut:

#### 1. Karakteristik Tanah

Jenis tanah juga mempengaruhi dalam daya dukung pondasi dan penurunan pondasi tiang pancang tersebut. Pada penelitian ini, jenis karakteristik tanah dari data hasil pengujian SPT dapat ditemukan karakteristik tanah yang tertera pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Deskripsi tanah *Borhole* 09R hasil SPT (Data Proyek, 2022)

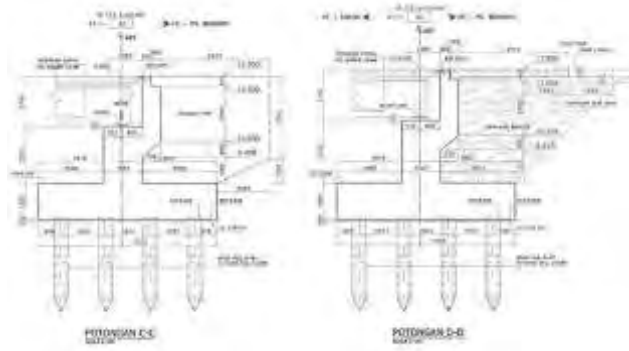
Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Deskripsi Tanah
0 – 4,45	4,45	-Lempung berlanau -Coklat gelap -Plasticity: sedang
4,45 – 14,45	10	-Pasir halus kelempungan -Coklat gelap -Plasticity: sedang
14,45 – 18,45	4	-Lanau kepasiran berbutir halus -Coklat gelap -Plasticity: sedang
18,45 – 22,45	4	-Pasir halus berlanau -Abu abu kehitaman -Plasticity: tidak berplastis
22,45 – 30	7,55	-Pasir kuarsa -Abu abu gelap -Plasticity: tidak berplastis

## 2. Data Teknis Tiang Pancang

Berdasarkan hasil dari data penyelidikan tanah diketahui bahwa lapisan tanah keras berada pada kedalaman 23 m. Sehingga pondasi direncanakan menggunakan pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Adapun data teknisnya sebagai berikut:

- a. Jenis Pondasi : Tiang Pancang
- b. Diameter Tiang Pancang : 60 cm
- c. Panjang Tiang Pancang : 23 m
- d. Mutu Beton : 50 Mpa





Gambar 18. Potongan pondasi (Data Proyek, 2022)

### 3. Data Kalendering

Adapun data kalendering yang diperoleh dari abutment II no.61 sebagai berikut:

- a. Besarnya Rebound : 1.6 cm
- b. Hammer : 6.5 Ton
- c. Ramstroke : 2.5 m
- d. Pukulan : 920

### 3.5. Persiapan Alat

Pada tahapan ini beberapa alat yang perlu dipersiapkan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan komputer ataupun laptop
2. Program *software* PLAXIS

### 3.6. Permodelan

Pada tahapan permodelan pada PLAXIS dilakukan pondasi tiang tunggal dengan model *axisimetry* dengan 15 titik nodal berfungsi sebagai perhitungan tegangan dan beban runtuh yang akurat. Bisa juga dibuat dengan 6 elemen titik nodal dapat dipilih untuk melakukan proses perhitungan yang singkat. Dengan menganggap distribusi elemen yang, maka perlu dipahami bahwa jaring elemen yang terdiri dari elemen-elemen 15 titik nodal sebenarnya jauh lebih halus serta

jauh lebih fleksibel dibandingkan jaring elemen yang dibentuk oleh elemen-elemen 6 titik nodal. Lapisan tanah dibuat dengan permodelan tanah menggunakan model MohrCoulumb yaitu dengan beberapa lapis (*layer*) tanah.

### 3.7. Tahap Perhitungan

Pada tahap perhitungan dalam penelitian ini menggunakan metode analitis dan *software* PLAXIS adapun Langkah-langkah yang digunakan dalam permodelan di PLAXIS sebagai berikut:

- 1) Terlebih dahulu melakukan pengaturan seperti model yang digunakan *axisimetry* dengan elemen 15 titik nodal dan membuat dimensi bangunan serta *input* data material yang digunakan.
- 2) Kemudian terdapat *Plaxis calculation* Program yang digunakan setelah proses pemodelan selesai. Pada tahap ini program akan terbuka secara otomatis setelah *toolbar calculate* di klik.
- 3) Tahap terakhir yaitu *Plaxis output* dimana pada tahap ini akan diperoleh hasil dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, Adapun hasil yang didapat yaitu: Faktor kemanan (*safety factor*), *excess pore water pressure* serta *displacement* yang terjadi

### 3.8. Hasil dan Pembahasan

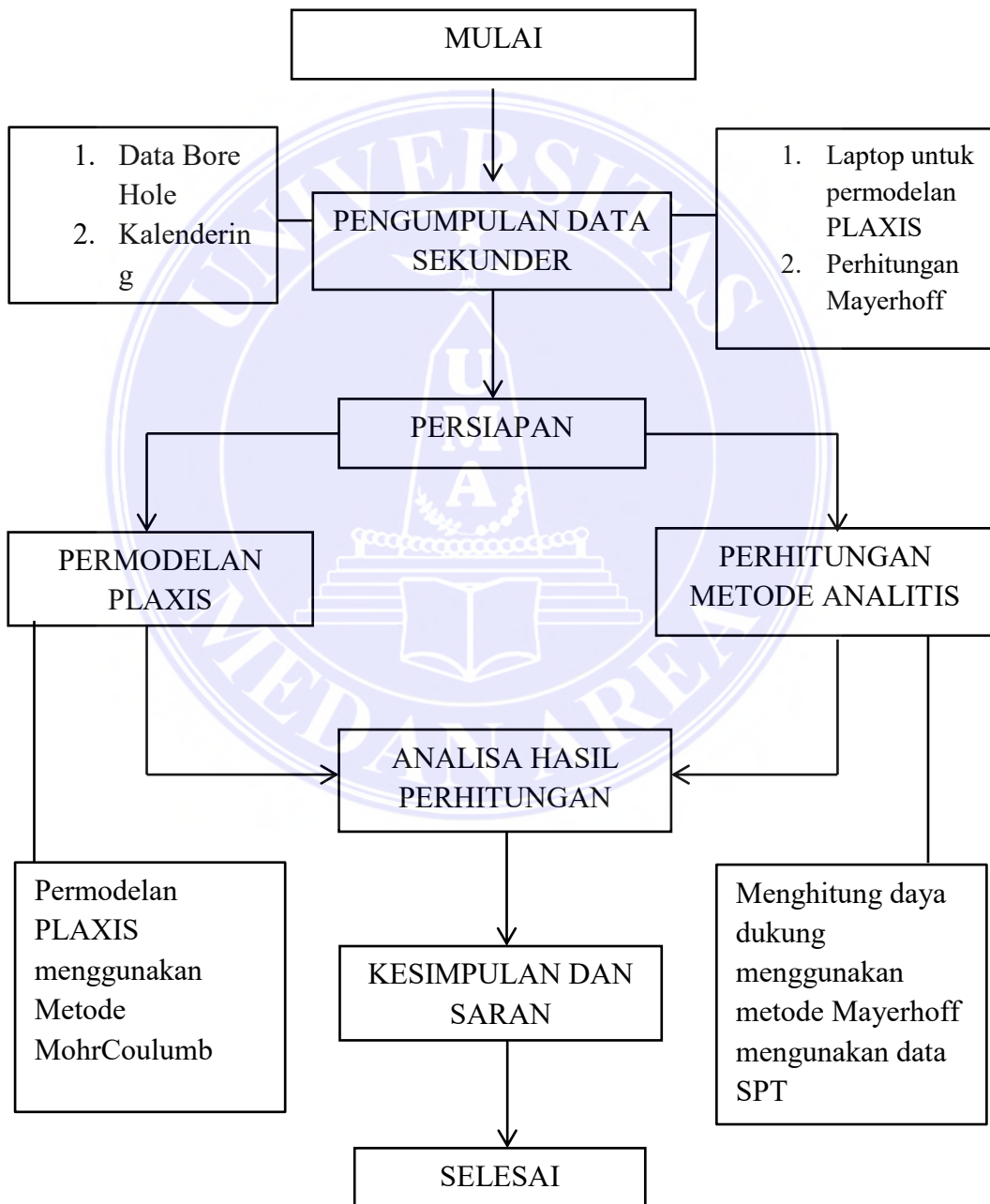
Pada tahap ini hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya akan ditampilkan dalam bentuk grafik maupun gambar, kemudian akan dilakukan perbandingan antara perhitungan metode analitis dengan perhitungan menggunakan PLAXIS.

### 3.9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini menyimpulkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan merujuk kepada bab-bab sebelumnya serta berisikan saran.

### 3.10. Bagan Alur Penelitian

Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan alur (*flow chart*)



Gambar 19. Kerangka berpikir (Analisis peneliti, 2023)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dari berbagai metode, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Binjai-Langsa seksi 1 Medan-Binjai Sta 8+325 sebagai berikut :

1. Daya dukung ultimate pada tiang pancang berdiameter 60 dan panjang 23 m pada Borhole 09R didapat pada data SPT (*standard penetration test*) dengan menggunakan metode Mayerhoff 361,52 ton sebesar dan pada *software* PLAXIS V8.6 diperoleh 366,3 ton
2. Penurunan elastis dari tiang pancang berdiameter 60 dengan menggunakan metode Mayerhoff sebesar 5,0808mm. Penurunan tersebut termasuk kecil sehingga pondasi tiang tersebut aman dari penurunan yang besar
3. Dan pada PLAXIS V8.6 penurunan tiang pancang dibagi menjadi dua fase yaitu sebelum konsolidasi dan sesudah konsolidasi. Pada fase sebelum konsolidasi penurunan elastis tiang diperoleh 0,62 mm dan sesudah konsolidasi diperoleh 0,74 mm. Penurunannya sangat kecil dan dikategorikan aman
4. Dari hasil daya dukung yang diizinkan PLAXIS 183,15 ton metode Mayerhoff 180,76 ton dibandingkan dengan daya dukung dengan data Kalendring dengan menggunakan metode Hilley didapat daya dukung yang diizinkan 189,18 ton. Hasilnya tidak begitu jauh, baik PLAXIS dan Mayerhoff dapat digunakan untuk menghitung daya dukung dari tiang pancang tersebut.

## 5.2. Saran

1. Dalam pengerjaan daya dukung ultimate secara analitis hendaknya diperlukan kesabaran dalam penulisan dan ketelitian dalam mencari nilai-nilai yang harus dicari dalam rumus
2. Dibutuhkan ketelitian dalam menjalankan program PLAXIS dimana penulis harus mengikuti langkah-langkahnya secara sistematis, sehingga hasil dari PLAXIS yang dikerjakan tidak error.
3. Dalam penyusunan kalimat laporan hendaknya diperhatikan dalam menuliskan





## DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, A., Salim, M., & Ramadhon, G. (2020). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Proyek Gedung DPRD Kabupaten Pematang. *Rancang Bangun*, 02, 50-52.
- Bambang, W., Hikmad, L., & Mudianto, A. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis dan *Software* Plaxis. *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pakuan*, 1-11.
- Dr. Ir. H Darwin M.sc. (2018). *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*, 2018. Yogyakarta: Pena Indis.
- Fahriana, N., Ismida, Y., Lydia, E. N., & Ariesta, H. (2019). Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode USCS. *Jurutera*, 06, 6-13.
- Gunawan, I. (1983). Ananda Putra, 2018. In I. Gunawan, *Ananda Putra*, 2018 (pp. 1-57). Yogyakarta: Kanisius.
- Hasrullah, Syarif, I., & Dandung, N. (2021). Analisis Daya Dukung dan PenurunanTiang Pancang Menggunakan Data PDA Test dan Program Plaxis Pada Pembangunan Gedung Laboratorium dan Kuliah Terpadu Universitas Borneo Tarakan. *Jurnal Qua Teknika*, 90-102.
- Ir. Gunawan. Rudi. (2019). *Pengantar Teknik Pondasi*, 2019. Yogyakarta: Kanisius
- Mushi, M., Putra, A. I., & Nugroho, S. P. (2020). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *IJCEE*, 6, 34-49.
- Pamungkas, A., & Harianty, E. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Ryoung Ananda Putra. (2018). Analisa Pelaksanaan Pondasi dan Daya Dukung Dengan Menggunakan Metode Bored-Pile Pada Proyek One Residence. Batam, UIB

- Sari, K. I., & Darmawan, F. S. (2022). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Proyek Gedung Menara BRI Jalan Putri Hijau Medan. *Buletin Utama Teknik*, 18, 85-89.
- Tambunan, W. T., & Roesyanto. (2016). *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Diameter 0,6 Meter Dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga Pada Interchange Binjai Dari Proyek Jalan Tol Medan-Binjai*. Medan, USU.
- Teguh, R., Rusbandi, Sudiadi, Novita, D., & Mardiani. (2022). Penerapan Aplikasi Plaxis Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 124-132.
- Waruwu, P. P., & Tanjung, D. (2022, Juni). Analisis Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Deli Serdang. *Jurnal Teknik Sipil*, 1, 9-14.
- Yuliawan, E., & Rahayu, T. (2018). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test. *Jurnal Konstruksi*, 1-13.

