

**EVALUASI DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE PADA  
JEMBATAN PROYEK TOL TRANS SUMATERA RUAS SIGLI  
– BANDA ACEH SEKSI 3 (STA44+209)**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**MUHAMMAD RIDHO FIRDAUS  
168110039**



**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 2/9/24

Access From (repository.uma.ac.id)2/9/24

**EVALUASI DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE PADA  
JEMBATAN PROYEK TOL TRANS SUMATERA RUAS SIGLI  
– BANDA ACEH SEKSI 3 (STA44+209)**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**MUHAMMAD RIDHO FIRDAUS  
168110039**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Evaluasi Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Jembatan  
- Proyek Tol Trans Sumatera Ruas Sigli – Banda Aceh Seksi  
3 (STA44+209)

Nama : Muhammad Ridho Firdaus  
NPM : 168110039  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:



Ir. Irwan, M.T  
Pembimbing I



Ir. Amsuardiman, M.T  
Pembimbing II



Dr. Rahmatullah S.Kom., M.Kom  
Dekan



Niketunika Wulandari, S.T., M.T  
Dosen Studi

Tanggal Lulus : 30 Mei 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

---

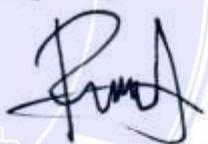
---

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

Nama : Muhammad Ridho Firdaus  
NPM : 168110039  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Redesain Struktur Gedung Fakultas Teknik Universitas Medan Area Menggunakan Metode Flat Slab. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 30 Mei 2023  
Yang menyatakan

  
(Muhammad Ridho Firdaus)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Pada tanggal 01 Desember 1998 dari Ayah Syafri dan Ibu Nafrida Penulis merupakan putra ke 6 dari 6 bersaudara. Tahun 2016 Penulis lulus dari SMA Negeri 13 Medan dan pada tahun 2016 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan penulis menjadi asisten mata kuliah Transportasi pada tahun ajaran 2019 pada tahun 2020 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan Gedung Sekolah Yayasan Pendidikan shafiyyatul Amaliyah (YPSA).



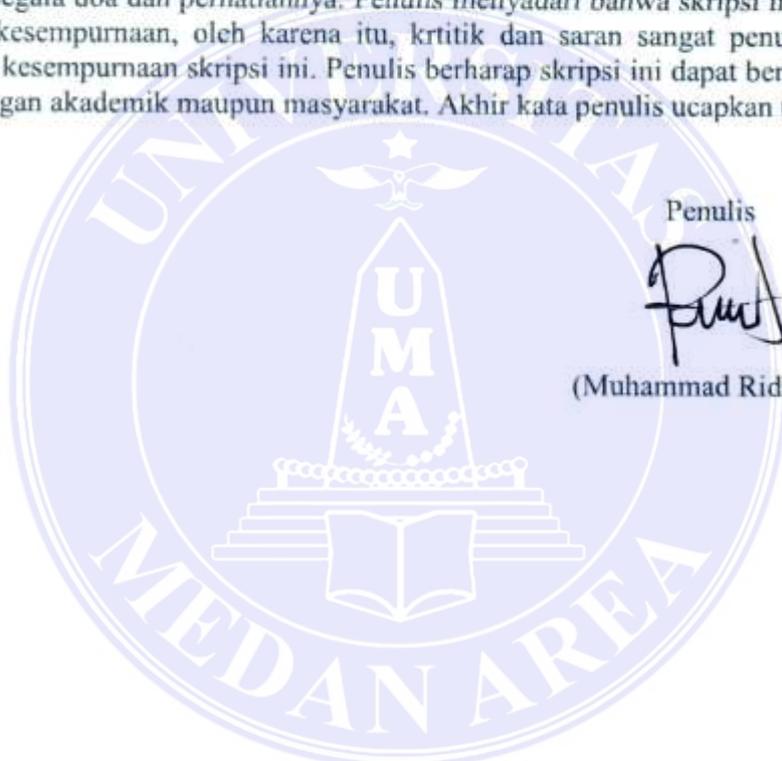
## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Struktur dengan judul Evaluasi Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Jembatan Proyek Tol Trans Sumatera Ruas Sigli – Banda Aceh (STA44+209) Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Irwan M.T dan Bapak Ir. Amsuardiman 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 teman-teman yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Muhammad Ridho Firdaus)



## ABSTRAK

Pondasi merupakan struktur terbawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari bangunan atau struktur di atasnya ke tanah di bawahnya. Untuk bertugas mendistribusikan beban secara merata ke tanah agar bangunan atau struktur tersebut dapat berdiri dengan stabil dan. Secara umum pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada disekitarnya. penyelidikan *Standart Penetration Test* (SPT) bertujuan untuk mendapatkan gambaran lapisan tanah berdasarkan jenis dan warna tanah melalui pengamatan secara visual, sifat – sifat tanah, karakteristik tanah. Data *Standart Penetration Test* (SPT) ini dapat digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi bored pile. Daya dukung pondasi bored pile diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) antara tiang dan tanah disekelilingnya. tujuan dari tugas akhir ini untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pada proyek jembatan tol sigli-aceh sta44+209 dari data N-SPT (*Standart penetration Test*) pada titik BH – 35A. dalam menghitung daya dukung pondasi penulis menggunakan metode meyerhoff. Adapun hasil perhitungan kapasitas daya dukung ultimate bored pile tunggal pada kedalaman 25 m, diameter 1 m,  $Q_{ult} = 5652$  Ton dan  $Q_a = 1758,4$  Ton. Dari perhitungan daya dukung kelompok tiang dengan menggunakan rumus *converse – labarre*, didapat kapasitas kelompok ijin tiang ( $Q_g = 2737,477$  Ton  $>$  beban yang dipikul pada pondasi ( $P = 821,865$  Ton).

Kata kunci : N-SPT, Daya dukung pondasi bored pile

## ABSTRACT

The foundation is the bottom structure that serves to channel the load from the building or structure above it to the ground below. To be in charge of distributing the load evenly to the ground so that the building or structure can stand stably and safely. In general, the foundation is defined as an underground building that forwards the load derived from the weight of the building itself and the external load acting on the building to the surrounding land. *Standard Penetration Test* (SPT) investigation aims to get a picture of the soil layer based on soil type and color through visual observation, soil properties, soil characteristics. *This Standard Penetration Test* (SPT) data can be used to calculate the bearing capacity of bored pile foundations. The bearing capacity of a bored pile foundation is obtained from the end bearing capacity obtained from the end of the pile pressure and the sliding bearing capacity or *blanket (friction bearing capacity)* between the pile and *the* surrounding ground. The purpose of this final project is to calculate the bearing capacity of the pile foundation in the Sigli-Aceh Toll Bridge project sta44+209 from N-SPT (*Standart penetration Test*) data at points BH – 35A. In calculating the bearing capacity of the foundation the author uses the Meyerhoff method. The calculation of the carrying capacity of the ultimate bored pile single at a depth of 25 m, diameter 1 m,  $Q_{ult} = 5652$  Tons and  $Q_a = 1758.4$  Tons. From the calculation of the carrying capacity of the pole group using the *converse – labarre* formula, the capacity of the pole permit group ( $Q_g$ ) = 2737.477 Tons > the load carried on the foundation ( $P$ ) = 821.865 Tons.

*Keywords: N-SPT, Bored pile foundation bearing capacity*

## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xiv
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 .....	4
2.1 Umum .....	4
2.2 Pondasi Dangkal .....	4
2.3 Pondasi Dalam .....	7
2.4 Klasifikasi Tiang .....	8
2.5 Persyaratan Pondasi Tiang .....	9
2.6 Penggolongan Pondasi .....	9
2.7 Pengertian Pondasi .....	10
2.8 Penggunaan Pondasi .....	13
2.9 Jenis-jenis Pondasi .....	14
2.10 Metode pelaksanaan .....	18
2.11 Pengertian Pondasi Tiang Pancang .....	24
2.11.1 Pengolongan Pondasi Tiang Pancang .....	25
2.11.2 Pondasi Tiang Pancang Menurut pemakaian Bahan ....	25
2.11.3 Tiang Pancang Kayu .....	25
2.11.4 Tiang Pancang Beton .....	27
2.11.5 Tiang Pancang Baja.....	31
2.11.6 Tiang Pancang Komposit .....	32
2.12 Pengambilan Sampel Tanah di Lapangan .....	38
2.13 Penyelidikan Lapangan Dengan Pengeboran.....	38
2.14 Penyelidikan Tanah dengan Standart Penetration Test .....	39
2.14.1 Pengujian Tiang .....	41

2.14.2 Tujuan Percobaan .....	41
2.14.3 Kegunaan Hasil percobaan Hasil SPT .....	42
2.15 Penyelidikan Lapangan dengan Ducth Cone Penetration .....	42
2.15.1 Kegunaan Uji Sondir .....	43
2.15.2 Tujuan Uji Sondir.....	44
2.15.3 Cara Pelaporan Uji Sondir .....	45
2.16 Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Dari Hasil SPT .....	46
2.17 Pondasi Kelompok Tiang .....	47
2.18 Kapasitas Kelompok Tiang.....	47
2.19 Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok .....	48
2.20 Efisiensi Tiang Bored Pile .....	49
2.21 Penurunan Tiang .....	51
2.22 Perkiraan Penurunan Tiang Tunggal.....	53
2.23 Perkiraan Penurunan Kelompok Tiang .....	57
2.24 Faktor Keamanan .....	57
2.25 Penurunan di Izinkan .....	60
2.26 Negative Skin Friction .....	61
2.26.1 Pendekatan Negative Skin Friction (NSF) Berdasarkan Undrained Strength (Undrained Analysis)	62
2.26.2 Pendekatan Negative Skin Friction (NSF) Berdasarkan Effective Stress (Drained Analysis).....	62
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	 64
3.1 Gambaran Lokasi Penelitian .....	64
3.2 Data Umum .....	64
3.3 Data Teknis Tiang Bor.....	65
3.4 Metode Pengumpulan Data .....	65
3.5 Metode Analisis .....	66
3.6 Kerangka Berpikir.....	67
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	 68
4.1 Perhitungan Daya dukung Izin Pondasi Tiang Dari Data SPT .....	68
4.1.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Hasil Standart Penetration Test (SPT) .....	70
4.2 Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang .....	72
4.3 Perhitungan Gaya Vertikal Yang Bekerja Pada 1 Titik Pondasi .....	74
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	 79
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran .....	79
 DAFTAR PUSTAKA .....	 80

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Perkiraan Angka Poisson ( $\mu$ ) .....	56
Tabel 2 Faktor Aman Yang Disarankan (Reese & O'Neill, 1989) .....	59



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Pondasi Memanjang .....	5
Gambar 2 Pondasi rakit.....	6
Gambar 3 Pondasi Telapak .....	6
Gambar 4 Pondasi Sumuran.....	7
Gambar 5 Pondasi Tiang.....	8
Gambar 6 Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	11
Gambar 7 Pondasi Tiang Bor .....	14
Gambar 8 Metode Kering Konstruksi Pilar Yang dibor .....	16
Gambar 9 Metode Basah Konstruksi Pilar Yang dibor.....	17
Gambar 10 Metode Casing Konstruksi Pilar Yang dibor .....	17
Gambar 11 Basic Of RCD - Method.....	24
Gambar 12 Tiang Pancang Kayu .....	27
Gambar 13 Tiang Pancang Precast Reinforced Concrete Pile.....	29
Gambar 14 Tiang Pancang Precast Prestressed Concrete Pile.....	30
Gambar 15 Tiang Pancang Cast In Place Frankie Pile .....	31
Gambar 16 Tiang Pancang Baja.....	32
Gambar 17 Tiang Pancang Water Proofed Steel Pipe And Wood Pile.....	33
Gambar 18 Tiang Pancang Composite Ungased-Concrete And Wood Pipe ...	36
Gambar 19 Tiang Pancang Composite Dropped-Shell And Pipe Pile.....	37
Gambar 20 Tiang Pancang Frank Composite Pile .....	38
Gambar 21 Skema Urutan Uji Penetrasi Standart (SPT) .....	39
Gambar 22 Dimensi Alat Sondir Mekanis .....	44
Gambar 23 Cara Pelaporan Hasil Uji Sondir .....	45
Gambar 24 Grafik Variasi Harga a Berdasarkan Kohesi Tanah .....	46
Gambar 25 Tipe keruntuhan dalam kelompok Tiang : (a). Tiang Tunggal, (b). Kelompok Tiang .....	48
Gambar 26 Definisi Jarak S Dalam Hitungan Efisiensi Tiang .....	51
Gambar 27 Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan.....	52
Gambar 28 Faktor Penurunan $I_0$ .....	54
Gambar 29 Koreksi Kekakuan Lapisan Pendukung, $R_b$ .....	54
Gambar 30 Koreksi Kedalaman, $R_h$ .....	55
Gambar 31 Koreksi Kompresi, $R_k$ .....	55
Gambar 32 Timbulnya Negative Skin Friction.....	62
Gambar 33 Lokasi Proyek.....	66
Gambar 34 Kerangka Berpikir .....	67
Gambar 35 Bored Pile.....	69
Gambar 36 Potongan Memanjang Jembatan.....	69
Gambar 37 Denah Bored Pile .....	72
Gambar 38 Detai Pondasi.....	74
Gambar 39 Denah Abutment .....	74

## DAFTAR NOTASI

$Q_p$	: Tahanan ujung ultimate (Ton)
$A_p$	: Luas penampang tiang pancang ( $m^2$ )
$D$	: Diameter tiang (m)
$L_i$	: Panjang Lapisan Tanah
$Q_s$	: Tahanan geser selimut tiang (Ton)
$L$	: Panjang lapisan tanah (m)
$P$	: Keliling tiang (m)
$Q_{ult}$	: Tahanan maksimum
$Q_s$	: Tahanan geser selimut tiang (Ton)
$\alpha$	: Koefisien adhesi antara tanah dan tiang
$C_u$	: Kohesi undrained ( $kN/m^2$ )
$E_g$	: Efisiensi kelompok tiang.
$m$	: Jumlah baris tiang.
$n$	: Jumlah tiang dalam satu baris.
$\theta$	: Arc $tg D/S$ , dalam derajat
$s$	: Jarak pusat ke pusat tiang
$Q_g$	: Beban maksimum tiang
$Q_a$	: Beban maksimum tiang tunggal

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jembatan tol Sigli-Banda Aceh merupakan proyek infrastruktur yang penting dalam meningkatkan konektivitas dan mobilitas di wilayah tersebut. Pondasi bored pile terpilih sebagai metode yang paling sesuai untuk menopang beban jembatan tol ini.

Namun, penting untuk melakukan evaluasi daya dukung pondasi bored pile tersebut untuk memastikan bahwa pondasi yang digunakan dapat menahan beban yang diharapkan. Evaluasi ini meliputi analisis geoteknik yang meliputi karakteristik tanah di lokasi jembatan tol. Perhitungan daya dukung pondasi untuk memprediksi perilaku pondasi dibawah beban.

Hasil dari evaluasi ini akan memberikan informasi yang penting bagi para insinyur dan kontraktor yang terlibat dalam pembangunan jembatan tol Sigli-Banda Aceh. Dengan mengetahui daya dukung pondasi yang sebenarnya, mereka dapat melakukan penyesuaian dan perencanaan yang diperlukan agar jembatan tersebut aman dan tahan lama.

Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti dan praktisi dibidang geoteknik untuk memperluas pengetahuan tentang evaluasi daya dukung bored pile pada proyek infrastruktur yang serupa.

skripsi ini membahas tentang daya dukung pondasi bored pile sebagai pilihan jenis pondasi yang digunakan dalam pembangunan jembatan tol trans sumatera sigli-banda aceh seksi 3 (sta44+209).

Untuk mendapatkan perhitungan yang baik dilakukan penyelidikan tanah dengan Standart Penetrasi Test (SPT), sehingga dapat diperoleh daya dukung yang baik dimana hasilnya dipakai untuk mendesain pondasi yang aman dan ekonomis

Dengan demikian, skripsi ini akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan teknologi dibidang geoteknik serta dalam pembangunan infrastruktur yang berkualitas di Indonesia.

## 1.2. Maksud Dan Tujuan

### 1. Maksud Penelitian

Penelitian ini bermaksud menganalisis kemampuan pondasi bored pile dalam menahan beban yang diberikan struktur atasnya.

### 2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan dalam melakukan perhitungan daya dukung pondasi bored pile pada konstruksi jembatan tol sigli – banda aceh seksi 3 (STA 44+209) dengan menggunakan data penyelidikan SPT (*Standart Penetration Test*).

## 1.3. Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka permasalahan yang perlukan untuk kajian adalah :

1. Bagaimana menghitung daya dukung aksial tiang tunggal *bored pile* pada struktur jembatan tol Sigli-Banda Aceh seksi 3 STA 44+209 dengan analisis menggunakan metode analitik berdasarkan data SPT ?

2. Bagaimana menghitung daya dukung kelompok tiang atau tiang gabungan?
3. Bagaimana menghitung efisiensi kelompok tiang ?

#### **1.4. Batasan Masalah**

Untuk penulisan skripsi ini ada beberapa batasan yang diterapkan yaitu:

1. Bored pile yang ditinjau hanya pada daya dukung aksial tiang.
2. Perhitungan beban vertikal pada jembatan
3. Perhitungan sebatas terhadap daya dukung pondasi bored pile yang dilihat
4. Data yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi bored pile berdasarkan hasil standart penetration test.
5. Lokasi penyelidikan yang menjadi studi kasus adalah pembangunan jembatan tol sigli-banda aceh (STA44+209).

#### **1.5. Manfaat Pembahasan**

1. Bagi peneliti/individu

Penelitian ini bermanfaat untuk mengembangkan dan menambah wawasan pengetahuan peneliti yang berkaitan dengan perhitungan daya dukung bored pile.

2. Bagi perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah masukan dan saran bagi perusahaan PT.Adhi Karya Perseo (Tbk) dalam pengembangan ilmu terutama dalam perencanaan pondasi.

3. Bagi program studi Teknik Sipil

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Pondasi merupakan struktur terbawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari bangunan atau struktur di atasnya ke tanah di bawahnya. Untuk bertugas mendistribusikan beban secara merata ke tanah agar bangunan atau struktur tersebut dapat berdiri dengan stabil dan aman.

Pondasi juga berfungsi untuk mencegah terjadinya penurunan atau pergeseran yang berlebihan pada bangunan akibat beban yang diterimanya. Selain itu, pondasi juga berperan dalam melindungi bangunan dari gaya-gaya eksternal seperti angin gempa bumi, dan perubahan suhu.

Pondasi diklasifikasikan dengan dua bagian yakni :

#### **2.2 Pondasi Dangkal**

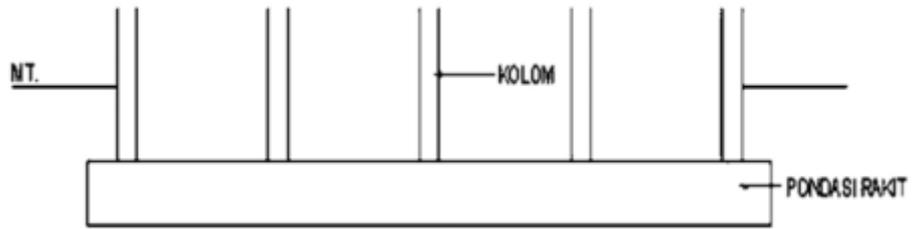
Pondasi dangkal merupakan struktur yang mendorong beban dengan langsung berupa:

Pondasi dibagi 2 (dua) yaitu:

a. **Pondasi setempat**

Pada umumnya dimanfaatkan terhadap tanah yang memiliki kemampuan dukung yang beda disatu wadah pada sebuah tempat bangunan yang dibuat. Dalam mengirimkan beban yang terpikul dari struktur tersebut, supaya bisa membuat rata dilakukan distribusi terhadap seluruh wadah yang umumnya

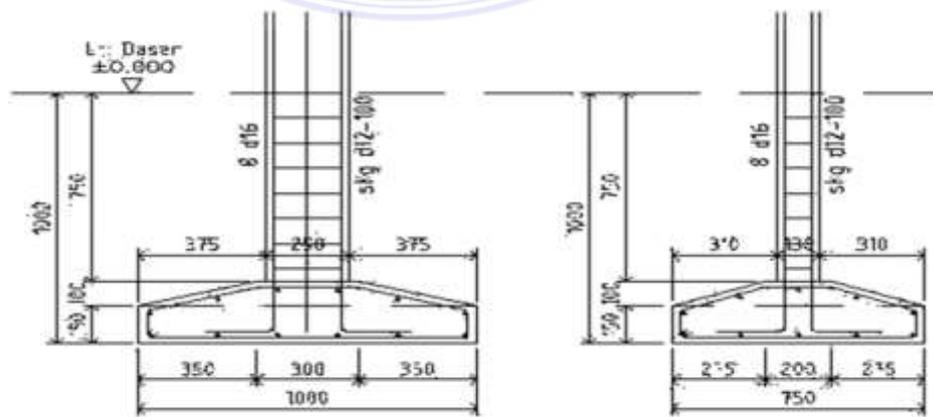




Gambar. 2. Pondasi Rakit (Braja M Das, 1941)

c. Pondasi Tikar

Biasanya jenis pondasi ini diberlakukan bagi tanah yang memiliki nilai kemampuan dukung tanah yang terkecil, yang mana jenis buah dimasukkan variasi tanah CH berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*). Nilai daya dukung tanah terkecil menyebabkan kapasitas tanah untuk memberikan dukung sangat minim. Dalam memperoleh secara maksimal, maka sering dimanfaatkan pondasi berupa memanfaatkan luas plat dalam memberi dukung secara maksimal dan digabungkan dengan struktur tiang tegak atas, maka friksi file dari tanah maupun tiangnya serta dukung bagian ujung (*end-bearing file*) oleh luas struktur. Melihat bangunan tersebut tidak terjangkau berdasarkan aspek pelaksanaannya bagi gedung yang praktis, jadi bangunan ini sangat berguna untuk gedung dengan beberapa tingkat.



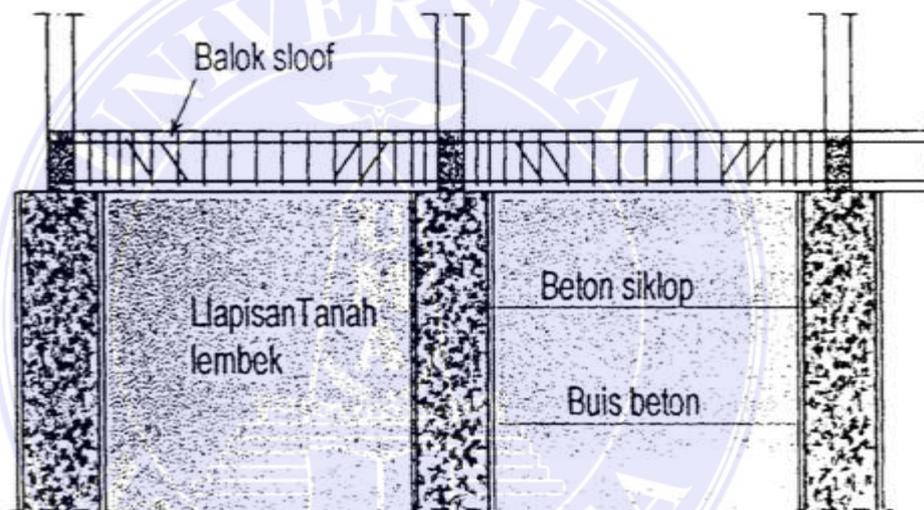
Gambar. 3. Pondasi Telapak (Braja M Das, 1941)

### 2.3 Pondasi dalam

Pondasi pada bagian ini yang melanjutkan beban bangunannya menuju tanah padat ataupun bebatuan yang berada tidak dekat dari dasar, berupa:

a. Pondasi Sumuran (*pier foundation*)

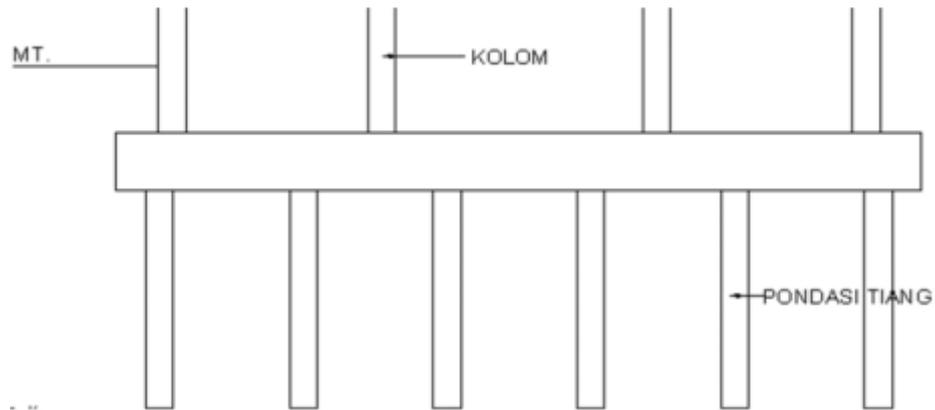
Adalah struktur sebagai perpindahan dari struktur terbawah dan tiang, dimanfaatkan jika tanah permukaan kokoh berada di tingkat kedalaman yang termasuk dalam, yang mana pondasi sumur taraf dengan dalam ( $D_f$ ) terbagi lebar ( $B$ ) sangat tinggi 4 sementara pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$



Gambar. 4. Pondasi Sumuran (H.C Hardiyatmo)

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Dimanfaatkan jika tanah di tingkat dalam yang wajar tidak dapat mendorong beban dan tanah keras yang berada di tingkat dalam terdalam. Secara umum pondasi tiang memiliki diameter kecil serta panjang dibandingkan struktur sumurannya (Bowles, 1991). Berikut berbagai jenis pondasi, yaitu:



Gambar 5. Pondasi Tiang (Braja M Das, 1941)

## 2.4 Klasifikasi Tiang

Menurut teknik instalasi, biasanya pondasi tiang bisa ditunjukkan dengan klasifikasi berikut:

### 1. Tiang Pancang

Suatu tiang pancang dengan dalam tanah hingga memadai dalam menghasilkan tahanan gesek terhadap selimut ataupun tahanan ujung dikenal pondasi tiang pancang, ini dapat dilaksanakan dengan pemukulan kepala tiang dan palu ataupun getar ataupun tekanan dengan hidrolisa.

### 2. Tiang Bor

Suatu tiang dilakukan konstruksi menggunakan langkah digali suatu lubang bor lalu berisi bahan beton dengan memberi penulangan sebelumnya.

Dua macam tiang di atas berbeda dikarenakan cara kerja beban dipikul termasuk tidak serupa dan dengan konsekuensi empiric memperoleh kemampuan dukungan yang beda, pengelolaan kualitas dengan beda-beda dan langkah evaluasi bagi setiap jenis tiang itu sendiri (Rahardjo, 2000).

## 2.5 Persyaratan Pondasi Tiang

Berbagai syarat yang dapat terpenuhi dari sebuah pondasi tiang adalah:

1. Beban yang didapat dari pondasi tidak lebih dari daya dukungan tanah dalam memberikan jaminan bangunan secara aman.
2. Pembuatan batasan yang ada di bangunan terhadap nilai yang bisa diperoleh yang tidak membuat rusak pondasi.
3. Pengaruh yang dicegah dan dikendalikan oleh penyelenggaraan bangunan pondasi ataupun penggalian ataupun tugas pondasi lainnya dalam memberikan batasan gerakan bangunan ataupun bagian lain disekelilingnya (Rahardjo, 2000).

## 2.6 Penggolongan Pondasi Bored Pile

Pondasi Bored Pile bisa terbagi oleh tiga kelompok yaitu (H. C. Hardiyatmo, 2002) :

1. Tiang Perpindahan Besar (*Large displacement pile*).

Merupakan tiang pejak ataupun terdapat lubang dan berujung ditutup yang terpancang ke dalam tanah, jadi adanya peralihan volume tanah yang termasuk besar. Seperti pada tiang peralihan besar yaitu tiang baja, tiang beton pra-tegang, dan lainnya.

2. Tiang Perpindahan Kecil (*small displacement pile*)

Merupakan tiang yang serupa pada tiang kelompok awal sebatas pada volume tanah yang dipindah ketika pemancangannya 9relative kecil. Misalnya tiang dengan berujung terbuka, ulir, bulat, dan lainnya.

3. Tiang Tanpa Perpindahan (*non displacement pile*)

Merupakan tiang yang terbagi atas tiang yang dipasang pada tanah menggunakan langkah penggalian ataupun pengeboran tanah. Seperti pada tiang dengan tidak adanya peralihan yaitu *Bored pile* sebagai tiang beton dengan pengecoran ke dalam lubang tanah yang dihasilkan dari pengeboran, dimana posisi pipa baja ditempatkan pada lubang.

Dari beban yang disalurkan menuju tanah, pondasi bored pile dibagi atas tiga, yakni:

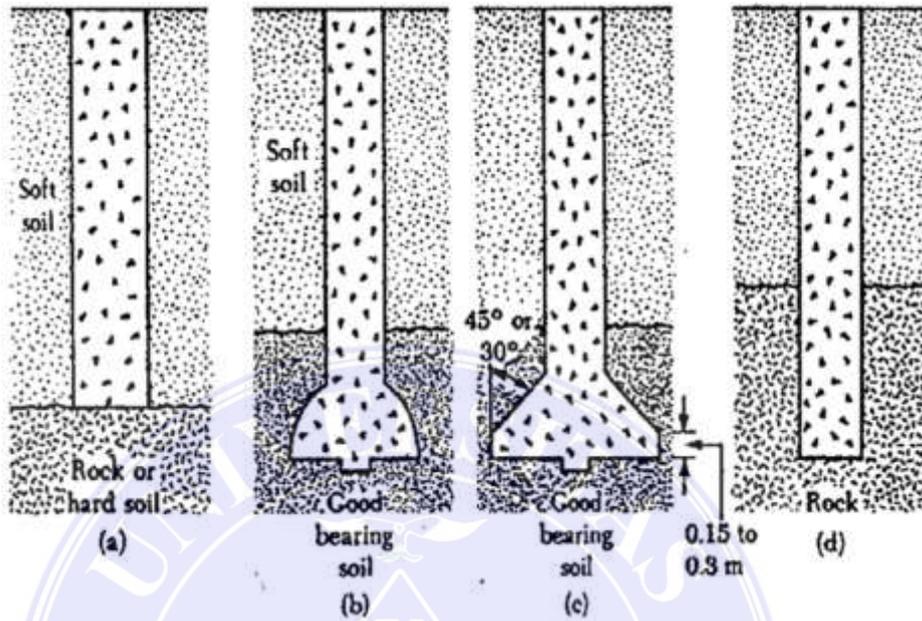
1. Pondasi Bored Pile dengan tahanan ujung (*end bearing pile*), yaitu tiang yang melanjutkan beban dari penahanan ujung pada lapisan tanah pendukungnya.
2. Pondasi Bored Pile dengan tahanan geseran (*friction pile*), yaitu tiang yang melanjutkan beban menuju tanah dari penahanan geseran pelindung tiang.
3. Gabungan friction dan end bearing capacity.

## 2.7 Pengertian Pondasi Bored Pile

Pemasangan bored pile menuju tanah menggunakan langka pengeboran tanah sebelumnya, lalu berisikan tulangan yang sudah dibuat serta juga pengecoran beton. (Hardiyatmo, 2015)

Umumnya tiang ini digunakan terhadap tanah yang tetap dan konsisten, maka memberikan kemungkinan dalam menghasilkan bentuk lubang yang tetap menggunakan alat bor. Apabila tanah memiliki kandungan air, diperlukan pipa besi dalam mempertahankan lubang dan pipa tersebut dinaikkan menuju atas terhadap waktu beton dicor. Tanah yang padat ataupun bebatuan tidak keras,

permukaan tiang bisa dibuat besar dalam menambahkan tahanan dukungan berujung tinggi.



Gambar. 6. Pondasi Bored Pile (Braja M Das)

Terdapat berbagai macam bagian bored pile yakni:

1. Bentuk lurus bagi tanah padat;
2. Bentuk berujung dibesarkan dengan bentuk bel;
3. Bentuk berujung dibesarkan dengan bentuk trapezium;
4. Bentuk lurus bagi tanah dengan bebatuan

Terdapat berbagai alasan digunakan pondasi bored pile pada konstruksi:

1. Bored pile tunggal bisa dimanfaatkan terhadap tiang kelompok.
2. Tingkat dalam tiang bisa dibuat beberapa variasi
3. Sebelum langkah berikut selesai, tiang bor dapat dibuat.
4. Getaran tanah akibat proses pemancangan akan merusak struktur di sekitarnya, namun hal ini dapat dihindari dengan menggunakan pondasi tiang bor.

5. Saat pemancangan tiang bor di tanah lempung, tanah akan bergelombang dan pondasi tiang bor sebelumnya akan bergeser ke samping. Konstruksi pondasi tiang bor menghindari hal ini.
6. Seperti pada pondasi tiang pancang, tidak terdapat nada bising yang dimunculkan dari peralatan pemancang selama pembangunan pondasi.
7. Dikarenakan permukaan struktur bored pile bisa ditambah besarnya, maka dapat memberi kestabilan yang tinggi bagi daya ke atas.
8. Dasar atas yang berdiri bisa dicek dengan langsung.
9. Pondasi tiang bor dapat melebarkan alasnya, yang meningkatkan ketahanannya terhadap gaya ke atas.

Berbagai kelemahan dari pondasi bored pile:

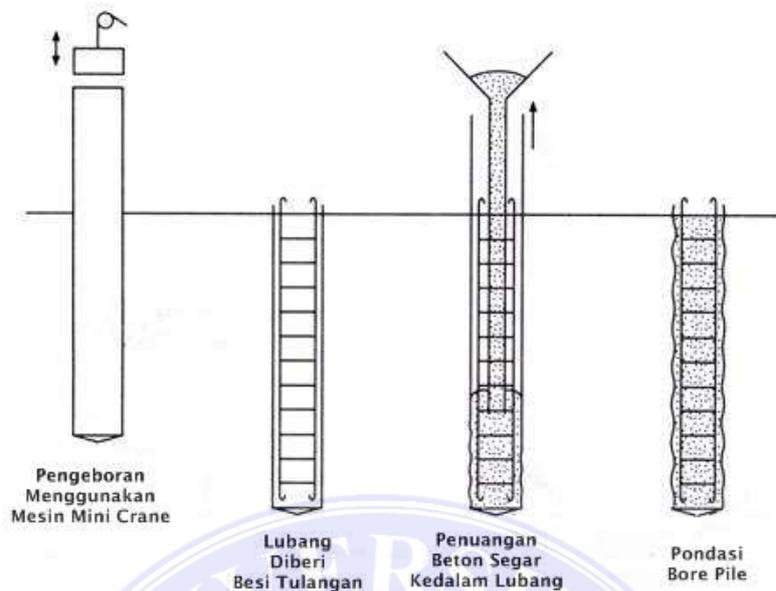
1. Operasi pengeboran dan pengecoran dapat terhambat oleh cuaca buruk. Hal tersebut bisa dihindari dengan menghambat kegiatan cor dan bor hingga keadaan yang memberikan kemungkinan ataupun dari mendirikan tenda untuk berlindung.
2. Jika tanah berupa pasir atau kerikil, gunakan bentonit sebagai penahan longsor karena pengeboran dapat mempengaruhi kepadatan tanah.
3. Jika kualitas beton tidak dapat dikendalikan secara memadai karena pengaruh air tanah, pengecoran beton bermasalah. Masalah ini diselesaikan dengan menempatkan ujung pipa tremie 25 sampai 50 cm di atas permukaan lubang pondasi.
4. Karena air yang masuk ke lubang bor bisa merusak tanah dan meminimalkan kemampuannya untuk menopang timbunan, maka air segera ditarik masuk dan terbuang ulang menuju kolam air.

5. Jika tindakan pengamanan tidak diikuti, ground loss akan terjadi; akibatnya, casing dipasang untuk menghentikan geser.
6. Ukuran tiang bor bergantung pada berat yang diperlukan sebab berdiameter tiang yang sedikit besar serta membutuhkan beton dan perlengkapan yang banyak sehingga biaya untuk pekerjaan ringan menjadi sangat tinggi.
7. Meskipun diasumsikan penetrasinya menuju tanah penyangga struktur sudah berhasil, kadang adanya tiang penyangga tidak baik akibat lumpur yang menumpuk di dasarnya. Untuk mengatasinya, pipa paralon dibangun di atas tulangan tiang bor untuk operasi grouting dasar. (Hardiyatmo, 2015).

## 2.8 Penggunaan Pondasi Bored Pile

Dalam beberapa tahun belakangan ini penggunaan pondasi tiang bor makin meluas antara lain untuk:

1. Pondasi Jembatan
2. Fasilitas dok
3. Soldier pile
4. Dinding penahan tanah
5. Menara transmisi listrik
6. Kestabilan lereng
7. Pondasi bangunan ringan pada tanah lunak
8. Tingginya struktur bangunan.
9. Pondasi yang memerlukan model lateral 13elative besar dan lainnya.



Gambar 7. Pondasi Tiang bor (Braja M Das)

## 2.9 Jenis – Jenis Bored Pile

Terdapat berbagai jenis berdasarkan peralatan dan teknik penyelesaian bored pile, diantaranya:

### 1. Strauss Pile/ Bored Pile Manual

Metode konstruksi pondasi semacam ini dianggap sangat praktis karena hanya menggunakan tenaga manusia dan tidak menimbulkan kebisingan mesin. Namun, sejumlah opsi diameter bor yang tersedia hanya dapat membuat lubang dengan diameter antara 20 dan 40 cm.

### 2. Bored Pile Mini Crane

Dikarenakan teknik ini menggunakan bor basah, diperlukan air yang memadai dalam pelaksanaannya. Teknik ini dapat digunakan pada berbagai ukuran pondasi, antara lain dengan diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, bahkan 80 cm.

### 3. Bored Pile Gawangan

Penggunaan alat ini mempunyai cara bekerja yang serupa pada bored pile mini crane, perbedaannya terletak di gear box yang perlu dilengkapi tambah terhadap sisi kiri maupun kanan yang dihubungkan ke lokasi lainnya supaya tidak bergerak kearah lainnya agar tetap seimbang selama pengeboran.

Prinsip pengerjaan pelaksanaan bored pile yang tidak dapat mengalami kelongsoran dengan mudah yaitu:

1. Penggalian tanah menggunakan alat bor hingga tingkat dalam yang diinginkan.
2. Permukaan tanah pada lubang bor dibuat bersih.
3. Perakitan tulangan yang ditempatkan pada bagian lubang bor dalam.
4. Pengecoran lubang bor dengan beton.

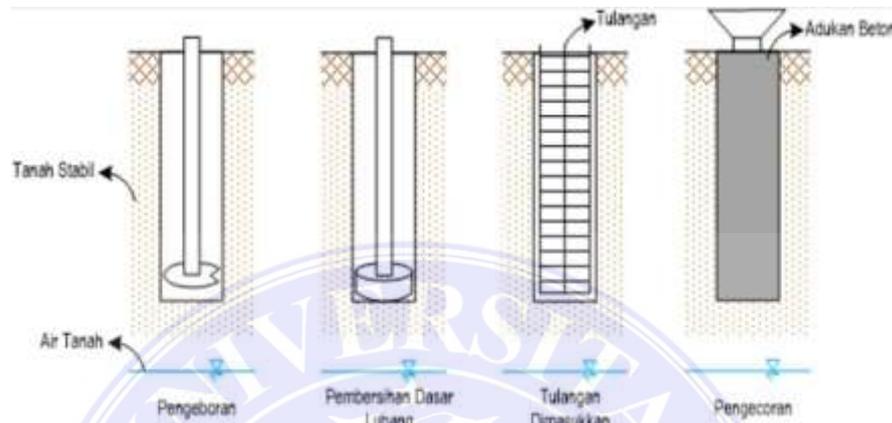
Ada 3 jenis galian pada teknik pengerjaan bored pile:

#### A. Metode kering.

Dalam pendekatan kering, sumur awalnya digali (dan, jika perlu, dasarnya berbentuk lonceng). Pemasangan rangka tulangan dan pengisian beton sebagian sumur dilanjutkan dengan penyelesaian sumur. Batang tulangan dapat diperpanjang sampai ke ujung hingga hampir mencapai kedalaman penuh daripada kira-kira setengahnya, tetapi tulangan tersebut tidak bisa ditempatkan hingga ke permukaan lubang sebab dibutuhkan penutup beton minimal.

Jika permeabilitas cukup rendah, sumur dapat digali (dan mungkin dipompa) serta dijadikan beton sebelum sumur diisi dengan air yang cukup untuk

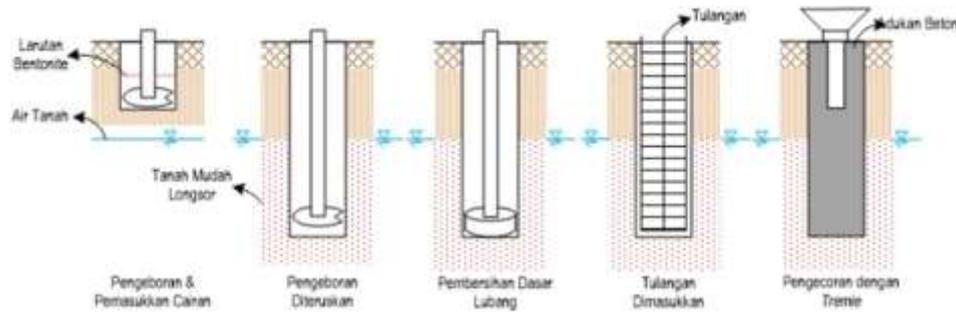
mengubah kekuatan beton. Namun teknik tersebut memerlukan tapak pengerjaan yang tidak menjorok atau kohesif serta memiliki dasar air tanah di bawah permukaan sumur.



Gambar 8. Metode Kering Konstruksi Pilar Yang Dibor (Weltman, Randolph dan Elson 2009)

## B. Metode Basah.

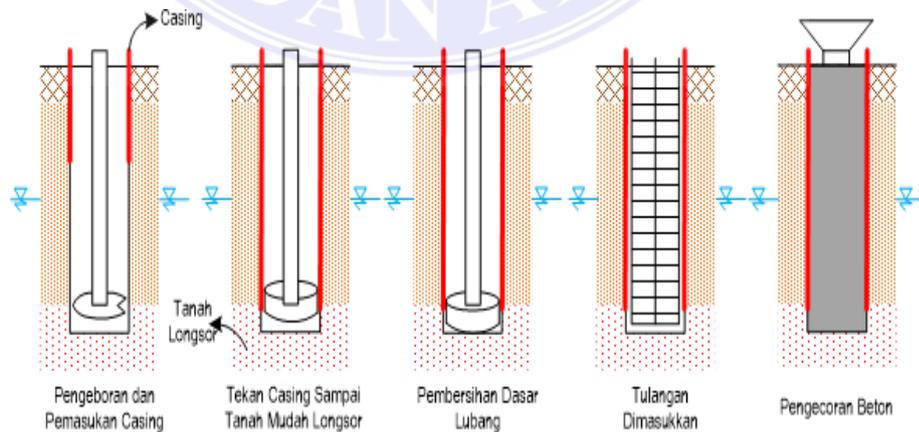
Lubang bor biasanya runtuh jika dinding tidak ditopang karena pendekatan basah biasanya digunakan saat pengeboran melewati tabel air tanah. Pengeboran dilakukan di dalam larutan yang telah diisi dengan tanah liat atau larutan polimer untuk mencegah lubang runtuh. Ketika lubang bor sudah bersih dan masih terdapat bentonit (*polimer*) di dalamnya, tulangan yang sudah terpasang ditempatkan ke dalam lubang jika kedalaman yang sesuai telah dicapai. Larutan bentonit akan terdesak dan terangkat oleh campuran beton saat dimasukkan ke dalam lubang bor menggunakan pipa *tremie*. Cairan pengeboran yang dikeluarkan melalui lubang bor disimpan serta mampu dimanfaatkan kembali di lokasi.



Gambar 9. Metode Basah Konstruksi Pilar Yang Dibor (Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

### C. Metode Casing

Setiap keadaan yang membutuhkan referensi dapat diselesaikan dengan menggunakan teknik ini. Untuk menghentikan masuknya air ke dalam rongga poros, hal ini diperlukan jika segel air sesuai dengan referensi tidak dapat diperoleh. Perlu diingat bahwa lubang dipertahankan dengan bubur sebelum cangkang ditempatkan. Campuran ditarik setelah casing dipasang, dan sumur kemudian dibor kering hingga kedalaman yang diperlukan. Selubung sumur di bawah akan dikurangi menjadi setidaknya selongsong ID, kadang-kadang lebih kecil 25 sampai 50 mm, tergantung pada kebutuhan lokasi dan proyek untuk jarak auger yang lebih baik.



Gambar 10. Metode Casing Konstruksi Pilar Yang Di Bor (Fleming, Weltman, Randolph dan Elson 2009)

## 2.10 Metode Pelaksanaan Bored Pile

Berikut teknik penerapan bored pile yaitu dengan berikut :

### A. Persiapan Lokasi (*site preparation*)

- a) Pengukuran dilakukan di wilayah di mana pekerjaan tiang bor akan ditempatkan. Koordinat – Di lokasi kerja, koordinat tiang bor yang diusulkan berpedoman kepada (*Bench Mark*).
- b) Operasi pengupasan, pemotongan, dan penimbunan dilakukan di tempat tiang pancang yang dibor dibangun untuk memastikan pengoperasian peralatan yang stabil dan efektif.
- c) Agregat siap pakai yang akan diangkut dengan truk pengaduk dari batching plant ke tempat pembuatan tiang pancang, menghilangkan penghalang utama sebelum pengecoran tiang pancang.
- d) Periksa tata letak pondasi dan lokasi tiang bor, dan bersihkan area kerja dari segala penghalang yang sudah dimiliki, berupa bangunan, pohon, tanaman, tiang telepon atau listrik, kabel, dan lain-lain.

### B. Rute/ Alur Pengeboran

Menyusun rencana alur pengeborannya, jadi masing-masing gerakan alat RCD, *Excavator*, *Crane*, dan *Truck Mixer* bisa dimobilisasi dengan tidak adanya kendala.

### C. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Lokasi. (*site survey & centering of pile*)

Melakukan pengukuran dan penetapan tempat titik koordinator bored pile menggunakan Theodolit

### D. Pemasangan *Stand Pipe/ Casing*

Pemasangan casing, atau pipa dengan diameter dalam kira-kira sama dengan diameter lubang yang dibor, diperlukan sesudah memperoleh tingkat dalam yang cukup dalam mencegah runtuhnya tanah di tepian lubang.

Pemasangan pipa tegak atau selubung bergantung pada bagian tengah pipa tegak yang berada di sumbu pondasi yang dipelajari. *Excavator (back hoe)* digunakan untuk membantu pemasangan pipa penyangga. Meski mesin bor berbeda-beda, namun proses pemasangannya pada dasarnya sama: benda diambil lalu ditempatkan ke dalam lubang bor. Tentunya, kedalamannya tidak sampai ke dasar.

#### **E. Pembuatan Drainase dan Kolam Air.**

Kolam air berguna untuk wadah penyimpanan air bersih yang dapat dimanfaatkan bagi operasi bor yang telah digabungkan dengan cairan pengeboran. Parit penguras/penghubung dari tambak ke pipa tegak dengan ukuran 1,2 m dengan tingkat dalam 0,7 m (sesuai keadaan), dan kolam air berukuran 3 m x 3 m x 2,5 m. Penting dalam menyediakan ruang yang cukup antara kolam air dan lubang bor agar lumpur dalam air bor dapat mengendap sebelum air mengisi kembali lubang. Lumpur bor pengendapan kolam dipisah dan dibuat bersih memanfaatkan Excavator.

#### **F. Setting Mesin RCD (*RCD Machine Instalation*)**

Setelah pemasangan stand pipe, dipasang banyak plat untuk menopang subgrade stand alat RCD (*Rotary Circle Dumper*), dan selanjutnya alat RCD ditempatkan dengan ketetapan berikut ini:

1. Mata bor dipasang pada stang putar, dan dipastikan posisinya di tengah atau sebagai titik pondasi.

2. Dengan menggunakan alat perata air, pastikan alat RCD diposisikan berdiri lurus dengan lubang yang dilakukan pengeboran (dan telah dipasang pipa tegak).

### **G. Proses Pengeboran (*Drilling Work*)**

Setelah proses tegak lurus penuh pada mesin RCD, pengeboran dapat dimulai dalam kondisi berikut:

1. Untuk menjamin lubang yang dibor benar-benar halus dan untuk meluruhkan tanah yang dibor agar terlarut pada air dan menyerap dengan mudah, dibor dengan cara memutar mata bor menuju sisi kanan dan terkadang juga ke kiri.
2. Karena proses pemboran dan penyedotan lumpur berlangsung bersamaan, maka air di kolam bisa mendukung sirkulasi air yang dibutuhkan bagi kegiatan pemboran.
3. Batang bor dipasang tiap 3 meter atau lebih sampai kedalaman yang diperlukan tercapai.
4. Proses pengeboran berlanjut hingga tingkat dalam yang diharapkan (yang bisa diprediksi dari batang bor yang telah dimasukkan), di mana titik stang bor dinaikkan kurang lebih 0,5 sampai 1 meter. Proses penyedotan kemudian dilanjutkan hingga air yang keluar dari selang pembuangan terlihat lebih bersih (sekitar 15 menit), kemudian diberhentikan (alat pompa penghisap tidak digunakan).
5. Jika kedalaman yang diinginkan tidak tercapai setelah mengukur kedalaman pengeboran dengan alat pengukur kedalaman, langkah 4

diulangi. Stang bor dapat dinaikkan dan dibuka jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai.

#### **H. Instalasi Tulangan dan Pipa Tremie (*Steel Cage & Tremie Pipe Installation*)**

Sebelum dilakukan pengeboran, tulangan harus sudah siap agar dapat dipasang segera setelah pengeboran selesai, agar dinding lubang yang dibor tidak bergeser. Agar tulangan tetap tidak rusak saat diangkat dengan crane, maka harus dibangun dengan hati-hati, dan sambungan tulangan spiral dengan tulangan utama harus sangat kuat. Proses instalasi tulangan dijalankan dengan berikut :

1. Lokasi derek harus diperkirakan secara benar-benar dalam melihat bahwa tulangan yang dapat ditempatkan sebenar-benarnya berdiri lurus pada lubang serta selama dicor, tidak menghambat masuknya truk pengaduk.
2. Di kedua sisi sumbu longitudinal tulangan, satu selempang diikat di ujung atas dan yang lainnya di samping. Ikatan spiral dengan tulangan utama diperkuat (dan, jika perlu, dilas) di area pengikatan sling, mencegah kerusakan pada tulangan utama (ikatan spiral dengan tulangan utama tidak terputus) saat tulangan ditarik. Karena ada kemungkinan pipa tremie terbentur sisi tulangan selama proses pengecoran, yang dapat mengakibatkan penyambung tulang terlepas dan tulangan diangkat keatas, maka harus dilas pada setiap sambungan (bagian tumpang tindih).
3. Pengangkatan tulangan memanfaatkan 2 pengait derek , ada di bagian atas gendongan dan ada juga di bagian panjang. Kegiatan tersebut

dijalankan menggunakan cara mengambil pengait dengan bertaap agar tulangan berposisi lurus. Sesudah itu diangkat tulangan dan berdiri lurus, lalu ditempatkan secara pelan menuju lubang, tempat diawasi agar tidak tersentuh dengan dinding alat, dan posisi tersebut diharuskan berada pada bagian tengah ataupun inti.

4. Gantungan besi digunakan jika level target di bawah permukaan tanah.
5. Dua pipa tremie kemudian dipasang setelah perkuatan. Pipa tremie dihubungkan untuk mempercepat pemasangan dan memudahkan pemotongan saat pengecoran. Ujung pipa tremie dengan jarak 26-50 cm berdasarkan permukaan lubang pondasi. Saat pengecoran beton, bila jarak di bawah 25 cm akan muncul dari tremie secara perlahan. Namun, bila jarak di atas dari 50 cm, beton awalnya akan keluar dari tremie yang diencerkan karena bercampur dengan air pondasi. Corong pengecoran dipasang ke ujung atas pipa *tremie*.

#### **I. Pengecoran Dengan *Ready Mixed Concrete* (Concreting)**

Untuk mencegah terjadinya resiko longsor pada dinding lubang bor, maka tahapan pengecoran harus diselesaikan langsung sesudah tulangan dan pipa tremie selesai. Oleh karena itu, perlu untuk memperkirakan waktu dengan waktu pengecoran saat memperoleh beton siap pakai. Adapun beberapa langkah yang ikut serta pada tahapan pengecoran:

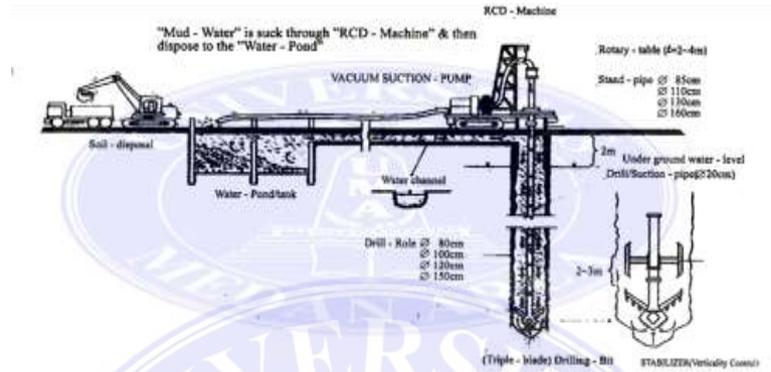
- 1) Pipa *tremie* ditinggikan 25 sampai 50 cm di atas permukaan lubang bor. Untuk mendorong air bercampur lumpur pada permukaan lubangnya yaitu ketika beton dituangkan, bola karet dengan diameter

serupa pada ukuran dalam pipa *tremie* kemudian ditempatkan setelah air di dalam pipa sempat stabil, maka beton tidak dicampur lumpur.

- 2) Beton dituangkan lebih cepat terlebih dahulu selama pengecoran agar bola kart dapat secara efektif menekan campuran air dan lumpur di pipa *tremie*. Nantinya, tuang tersebut distabilkan untuk mencegah beton tumpah keluar corong.
- 3) Jika beton di dalam corong sudah penuh, pipa *tremie* bisa diangkat dan diturunkan asalkan kedalamannya minimal satu meter di dalam beton saat diturunkan. Prosedur ini dapat diperlambat bila pipa *tremie* ditanam pada beton dalam waktu yang terlalu lama; pipa harus sedalam minimal 1 m.
- 4) Karena tahapan pengecoran memanfaatkan gravitasi (gerakan jatuh bebas), maka pipa *tremie* dapat ditempatkan di tengah lubang bor untuk mencegah kerusakan tulangan atau pengangkatan tulangan saat pipa *tremie* digerakkan ke atas dan ke bawah.
- 5) Pengecoran diberhentikan 0,6–1 m diatas penghalang beton bersih untuk memastikan bahwa beton di sana memiliki kualitas terbaik dan bebas lumpur. Pipa *tremie* dikeluarkan, dibuka, dan dibersihkan setelah pengecoran selesai. Pengukur kedalaman digunakan untuk mengukur batas pengecoran.
- 6) Pipa *tremie* diangkat, dibuka, dan dibersihkan saat pengecoran selesai.

## **J. Penutupan Kembali/ *Back Filling***

Setelah beton mengeras dan pipa tegak dilepas, lubang pondasi diisi kembali dengan tanah dan dipadatkan sehingga kendaraan selanjutnya dan mesin besar dapat melewatinya.



Gambar 11. *Basic Operation Of RCD – Method* (Braja M Das, 1941)

## 2.11 Pengertian Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang yaitu komponen pondasi yang terbuat menggunakan baja, beton dan kayu yang dibentuk ramping dan diturunkan hingga ke berbagai tingkatan kedalaman sebagai penyalur beban bangunan atas melalui tanah lunak menuju sisi tanah padat. Pendistribusian beban diterapkan langsung ke lapisan bawah melalui ujung tiang atau didistribusikan secara vertikal sepanjang sumbu tiang. Gesekan atau tiang apung digunakan untuk mendistribusikan beban vertikal. Sebagian besar tumpukan didorong ke tanah, meskipun beberapa varietas juga dapat dilemparkan secara lokal dengan terlebih dahulu mengebor lubang di bumi.

Tiang biasanya didorong tegak lurus ke tanah, meskipun mungkin perlu didorong secara miring jika perlu cukup kuat untuk menahan tekanan horizontal. Alat penggerak yang digunakan menentukan sudut kemiringan tiang, yang kemudian dibuat sesuai pada desain. Dalam bangunan pondasi, terdapat tiang

pancang yang memiliki berbagai macam berdasarkan sisi variasi tiang dan juga penyelenggaraan untuk membuat pondasi.

Dalam penyusunan rencana struktur tiang pancang, kemampuan dukungan tiang dukung tiang pancang merupakan salah satu factor yang menentukan kekuatan pondasi. Daya dukung ini biasanya didasarkan pada kemampuan respon tanah untuk menopang tiang yang dibebankan serta daya tiang tersebut untuk mempertahankan dan meneruskan beban di atasnya.

### **2.11.1 Penggolongan Pondasi Tiang Pancang**

Dari penggunaan bahan, bagaimana tiang menyalurkan beban, serta bagaimana pemasangan, ada banyak jenis pondasi tiang pancang. Masing-masing akan dijelaskan secara bergiliran.

### **2.11.2 Pondasi Tiang Pancang Menurut Pemakaian Bahan**

Pondasi tiang bisa diklasifikasikan menjadi berbagai kelompok tergantung pada bahan yang digunakan, termasuk :

### **2.11.3 Tiang Pancang Kayu**

Batang pohon dengan dahan yang dipangkas dengan baik digunakan untuk membuat tiang kayu. Ujung pendek tiang ditekan ke tanah dengan ujung yang tajam. Untuk aplikasi tertentu, seperti pada tanah yang sangat lunak dimana ia dapat melakukan pergerakan mundur melawan sumbu, ujung yang besar kadang-kadang dapat didorong. Ketika tumpukan perlu menembus tanah yang keras atau berkerikil, ujung runcing kadang-kadang dilengkapi dengan sepatu penggerak logam.

Metode paling awal menggunakan tumpukan sebagai pondasi adalah dengan menggunakan tumpukan kayu. Jika tiang kayu selalu terendam seluruhnya

di bawah permukaan air tanah, maka dapat tahan dengan waktu yang relatif panjang serta tidak cepat lapuk. Mengawetkan kayu dan menggunakan pengawet kayu, sebatas dapat menahan ataupun menghambat kayu rusak, tidak bisa sepenuhnya mencegahnya. Biasanya, tumpukan kayu tidak dapat menopang beban yang lebih besar dari 26 hingga 30 ton per saat digunakan.

Sangat praktis dalam mendapatkan balok ataupun tiang kayu panjang serta tegap berdiameter relatif besar untuk diterapkan sebagai tumpukan karena tumpukan kayu ini ideal untuk lingkungan rawa dan hutan.

Keuntungan penggunaan tiang pancang kayu :

1. Tumpukan kayu relatif ringan, memudahkan transportasi;
2. Kekuatan tariknya yang besar mencegahnya menimbulkan masalah saat diangkat untuk dikendarai, tidak seperti tiang pancang beton pracetak;
3. Ketika tiang kayu tidak dapat menembus bumi, mudah untuk memotongnya;
4. Karena tekanannya sangat rendah, tiang pancang kayu bekerja lebih baik sebagai tiang gesekan daripada tiang penyangga ujung.

Penggunaan tumpukan kayu memiliki kelemahan sebagai berikut:

1. Apabila posisi muka air tanah paling bawah relatif dalam, dapat menambahkan tarif penggaliannya sebab akan terus berada di bagian bawah permukaan air tanah supaya lebih tahan.
2. Dibandingkan dengan tiang pancang yang terbuat dari baja atau beton, tiang pancang yang terbuat dari kayu memiliki umur yang lebih pendek, terutama di daerah yang muka air tanahnya sangat berfluktuasi.

3. Ujung tiang kayu bisa berbentuk sapu saat berjalan di medan berbatu (kerikil), atau ujung tiang bisa juga hancur. Pada saat tiang kayu digerakkan, jika tidak lurus maka dapat jauh dari arah yang sudah ditetapkan.
4. Tumpukan kayu rentan terhadap zat yang merusak dan jamur penyebab busuk.



Gambar 12. Tiang Pancang Kayu (Bowles, 1991)

#### 2.11.4 Tiang Pancang Beton

##### a. *Precast Reinforced Concrete Pile*

*Precast Reinforced Concrete Pile* yaitu tumpukan beton bertulang yang dicetak, dicetak, dan diangkat serta didorong setelah mencapai kekuatan yang cukup. Tiang pancang beton harus memiliki tulangan yang cukup kuat dalam mempertahankan keadaan lenturan yang terjadi selama diangkat dikarenakan tegangan penarikan beton kecil serta hampir nol sementara beratnya tinggi. Karena bobotnya yang besar, tumpukan beton ini biasanya dicetak dan dicetak di lokasi, mencegah masalah transportasi.

Tergantung pada proporsinya, tumpukan ini memiliki daya dukung yang signifikan ( $> 50$  ton per tumpukan). Panjang tiang pancang harus diperhatikan dengan seksama pada saat merencanakan tiang pancang beton pracetak karena

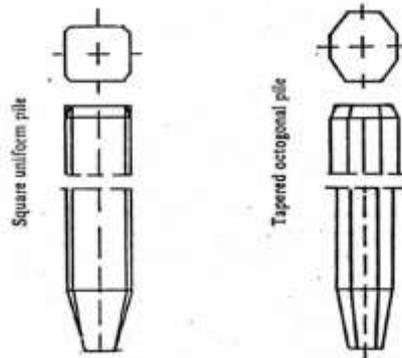
bila panjang tiang tidak mencukupi sehingga akan disambung dan membutuhkan waktu.

Keuntungan penggunaan *Precast Reinforced Concrete Pile* :

1. *Precast Reinforced Concrete Pile* memiliki daya tegang tekanan yang besar, hal tersebut disesuaikan pada kualitas beton yang dimanfaatkan.
2. Tiang pancang ini bisa dikategorikan sebagai tiang gesekan dan tiang bantalan ujung.
3. Tidak perlu membuang banyak kotoran untuk penggalian karena tiang beton ini, tidak seperti tiang kayu, tidak terpengaruh oleh permukaan air tanah.
4. Selama penghiasan beton cukup tebal untuk melindungi tulangan, tiang pancang beton bisa ditahan dalam waktu yang sangat lama dan tahan pada efek air dan elemen korosif.

Kerugian penggunaan *Precast Reinforced Concrete Pile* :

1. Tiang beton bertulang pracetak ini dibangun di lokasi konstruksi karena pengiriman akan mahal mengingat beratnya.
2. Karena timbunan ini didorong setelahnya dengan kekuatan yang cukup, dibutuhkan beberapa saat sebelum dapat digunakan.
3. Jika pengurangan diperlukan, implementasi akan lebih menantang dan memakan waktu lebih lama.
4. Sulit untuk membangun sambungan jika tiang lebih pendek karena panjang tiang tergantung pada peralatan penggerak tiang yang tersedia.



Gambar 13. Tiang Pancang *Precast Reinforced Concrete Pile* (Bowles, 1991)

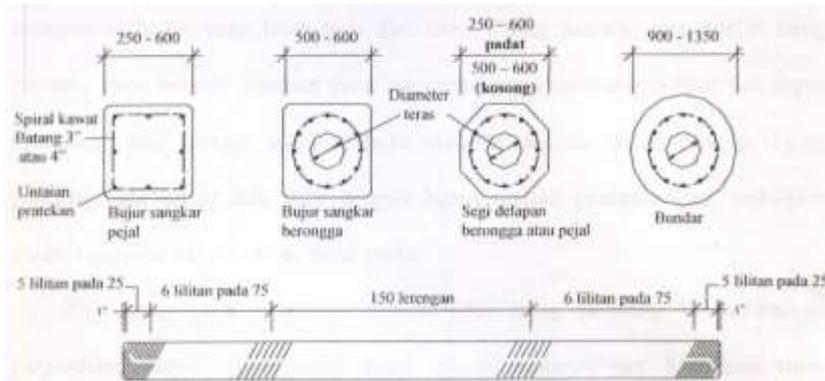
b. *Precast Prestressed Concrete Pile*

*Precast Prestressed Concrete Pile* adalah massa beton prategang yang menggunakan kabel kawat dan baja tulangan sebagai gaya prategang. Keuntungan penggunaan *Precast prestressed concrete pile* :

1. Pondasi memiliki kemampuan beban yang besar.
2. Tiang pancang tetap pada korosi.
3. Ada kemungkinan Anda mengemudi terlalu keras.

Kerugian penggunaan *Precast prestressed concrete pile* :

1. Menangani pondasi tiang pancang itu menantang.
2. Biaya produksi awal yang tinggi.
3. Prategang sulit dihubungkan karena besarnya pergeseran.



Gambar 14. Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* (Bowles, 1991)

c. *Cast in Place Pile*

Struktur tiang pancang jenis ini yaitu yang dipasang ke dalam bumi dengan cara dibor terlebih dahulu, mirip seperti saat mengebor tanah pada saat studi tanah. Ada dua cara untuk melakukannya di *Cast in Place*:

1. Menerapkan langkah menancapkan pipa baja ke dalam tanah, mengisinya dengan beton, lalu menumbuknya sambil menarik pipa keluar dari tanah.
2. Menerapkan langkah memasukkan pipa baja ke tanah, mengisinya dengan beton, dan membiarkan pipa tersebut di tempatnya.

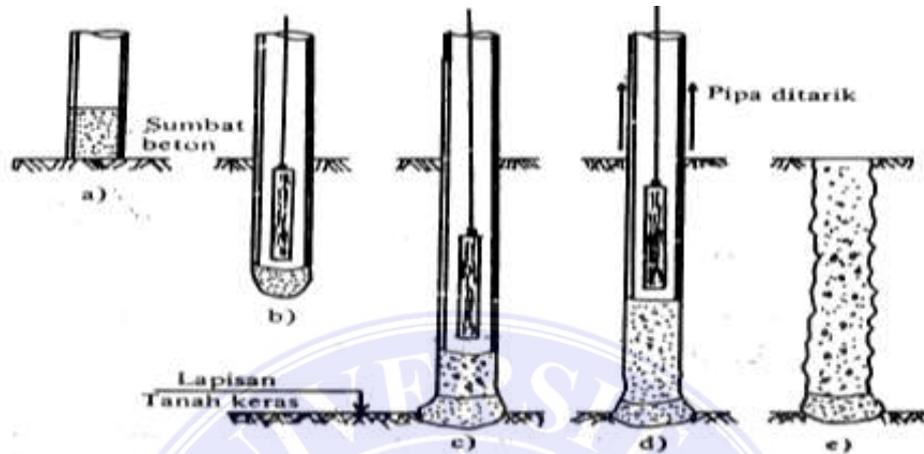
Keuntungan penggunaan *Cast in Place* :

1. Konstruksi tiang tidak memperlama kerja.
2. Tidak ada kemungkinan kerusakan selama pengiriman karena tiang ini tidak perlu diangkat.
3. Tergantung keadaan di lapangan, panjang tiang bisa diubah.

Kerugian penggunaan *Cast in Place*

1. Akibat pemindahan tanah hasil pengeboran tanah, menggali lubang menyebabkan lingkungan sekitar menjadi kotor.

2. Harus digunakan dengan alat khusus.
3. Beton yang dicor di tempat tidak dapat dikendalikan.



Gambar 15. Tiang Pancang Cast In Place Franki Pile (Bowles, 1991)

### 2.11.5 Tiang Pancang Baja

Biasanya tiang baja jenis ini memiliki profil H. Dikarenakan menggunakan bahan baja, tiang pancang ini mempunyai tingginya tingkatan kemampuan serta tidak akan pecah saat diangkat atau didorong, tidak seperti tiang pancang beton pracetak. Oleh karena itu, jika membutuhkan tiang pancang yang panjang dengan daya tahan yang tinggi, menggunakan tiang pancang ini sangat berguna. Tekstur tersusun butiran dan bagian tanah, terletak di bagian dalam tanah, serta tingkat kelembapan tanah (kadar air) semuanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat karat tiang baja.

Akibat pergerakan air dalam tanah di tanah tersusun butir kasar, karatan yang berkembang sama identik dengan karat yang berkembang di ruang terbuka. Tanah liat (tanah liat) yang kurang kaya oksigen dapat menyebabkan karat yang sebanding dengan karat yang berkembang akibat terendam air. Sangat sedikit oksigen yang ada di lapisan dalam pasir yang berada di bagian bawah lapisan

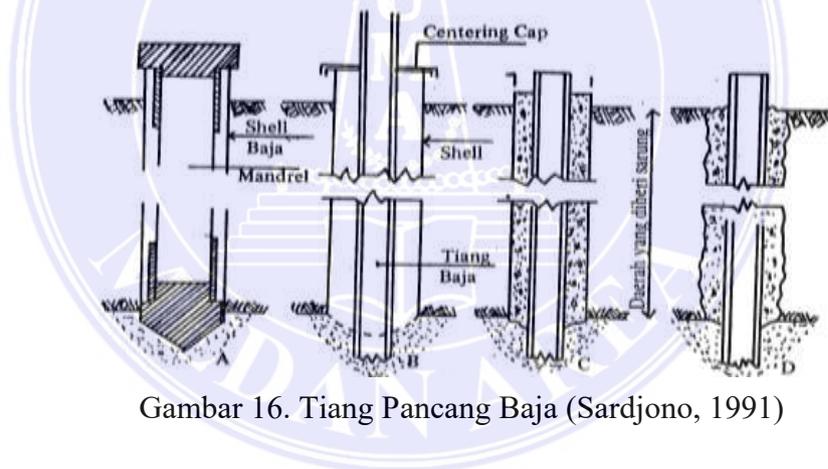
tanah yang tebal, yang akan menghasilkan sangat sedikit karat pada tumpukan baja.

Manfaat menggunakan tiang pancang baja meliputi:

1. Sangat mudah untuk menghubungkan tumpukan ini;
2. Penumpukan baja dapat menopang banyak beban;
3. Tidak ada risiko kerusakan selama transit atau perakitan.

Kerugian penggunaan tiang pancang baja :

1. Tiang pancang ini dapat karat dengan mudah;
2. Tiang pancang H memerlukan penguatan ujung karena bisa menjadi rusak secara signifikan ketika masuk ke tanah yang keras dan terdiri dari batuan.



Gambar 16. Tiang Pancang Baja (Sardjono, 1991)

### 2.11.6 Tiang Pancang Komposit

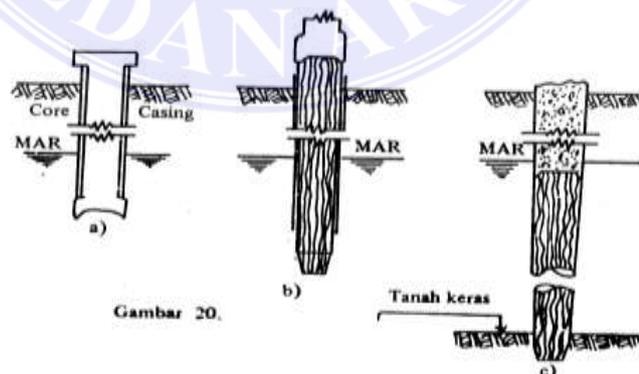
Saat membangun pondasi untuk tiang pancang komposit, sisi atas dan bawah tiang dapat dihubungkan pada berbagai bahan, berupa beton pada permukaan kayu dan tanah yang tidak diolah di bagian bawah. Tiang pancang komposit adalah tumpukan dua komponen yang saling melengkapi yang

digunakan untuk membuat satu tumpukan. Metode ini diabaikan karena biaya dan kesulitan menghubungkan.

a. *Water Proofed Steel Pipe and Wood Pile.*

Bagian beton pilar ada di dasar muka air tanah dan bagian bawahnya terbagi atas tiang-tiang kayu. Karena kayu dikenal kokoh dan tahan lama saat terendam air, maka diletakkan di dekat bagian bawah struktur, di mana air tanah selalu ada. Strategi implementasinya adalah sebagai berikut:

1. Untuk menempatkan pancang kayu, casing dan core harus didorong ke pada tanah sampai kedalaman yang ditetapkan, yaitu di bawah muka air tanah terendah
2. Lalu inti dilepas, dan pancang kayu ditempatkan pada selubung dan didorong sampai lapisan tanah yang keras dicapai;
3. Ketika penggerak memperoleh lapisan tanah yang keras, penggerak terhenti, lalu inti dikeluarkan dari casing. Selanjutnya, beton dimasukkan ke dalam selubung hingga penuh, dan inti dibanting ke dalam casing untuk mengkompresi beton.



Gambar 20.

Gambar 17. Tiang Pancang *Water Proofed Steel Pipe And Wood Pile* (Sardjono, 1991)

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

Perbedaan utama antara tiang jenis ini dan yang di atas adalah tiang ini menggunakan cangkang logam tipis dengan alur spiral di permukaannya.

Beginilah implementasinya, singkatnya:

1. Casing dan inti digabungkan untuk menentukan kedalaman di bawah permukaan air tanah yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Ketika inti telah didorong ke kedalaman yang diinginkan, casing dilepas, dan pancang kayu kemudian dimasukkan dan didorong lebih dalam hingga menyentuh lapisan tanah yang keras. Kehati-hatian harus dilakukan untuk menghindari pecah atau rusaknya kepala tumpukan saat menggerakkan tumpukan kayu.
3. Inti dikeluarkan dari casing sesudah memperoleh lapisan tanah padat.
4. Setelah itu, cangkang berbentuk pipa beralur spiral dimasukkan ke dalam casing. Agar tulangan menembus ujung atas tumpukan kayu, disisipkan tulangan berbentuk sangkar di ujung bawah selongsong.
5. Setelah itu beton dituangkan ke dalam cangkang. Setelah cangkang diisi dengan beton dan menjadi penuh dan kokoh, selubung dilepas sementara cangkang berisi beton ditahan dan beton diisi dengan menempatkan inti di ujung atas cangkang.

c. *Composite ungased – concrete and wood pile*

Adapun dasar pemelihan tiang ini yaitu :

1. Lapisan tanah keras di satu lokasi, sehingga tidak dapat digunakan balok beton yang dibuat di tempat. Balok beton yang dibuat di tempat

akan terlalu panjang, yang membuatnya sulit untuk diangkat dan mengakibatkan biaya yang lebih tinggi;

2. Untuk memastikan bahwa tiang pancang kayu terus ada pada bawah dasar air tanah paling rendah, akan dibutuhkan banyak penggalian karena permukaan air tanah paling rendah sangat dalam.

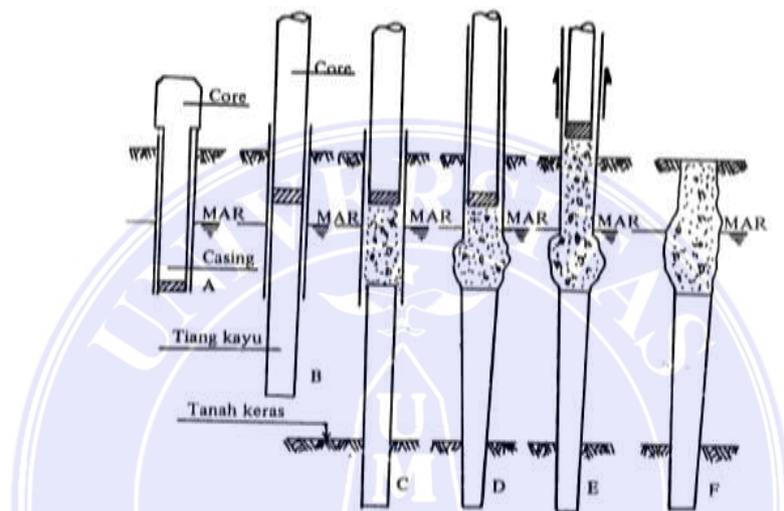
Langkah penerapan tiang ini yaitu dengan berikut:

1. *Casing* baja dan core dimasukkan ke dalam tanah hingga tingkat dalam tertentu di bawah dasar air tanah;
2. Setelah inti dikeluarkan dari casing, tumpukan kayu ditempatkan ke dalam casing hingga menyentuh lapisan tanah yang keras;
3. Setelah menyentuh tanah padat, inti sekali lagi ditarik dari selubung, sebagian beton dituangkan ke dalam selubung, dan inti kemudian dimasukkan kembali;
4. *Casing* dinaikkan ke ketinggian tertentu sementara beton ditumbuk dengan inti untuk membuat bola beton yang membengkak di atas tumpukan kayu;
5. Setelah inti dikeluarkan dari casing, casing berisikan beton hingga cukup padat hingga berbagai sentimeter pada permukaan tanah. Cangkang kemudian dinaikkan hingga muncul dari tanah sambil beton didorong kembali ke inti.

- d. *Composite dropped – shell and pipe pile*

Adapun dasar pemilihan tiang ini yaitu :

1. Lapisan tanah keras sangat dalam ketika menggunakan tiang beton yang *cast in place concrete pile*;
2. Posisi dasar air tanah paling rendah sangat dalam ketika memanfaatkan tiang komposit di bawah tiang pancang kayu.

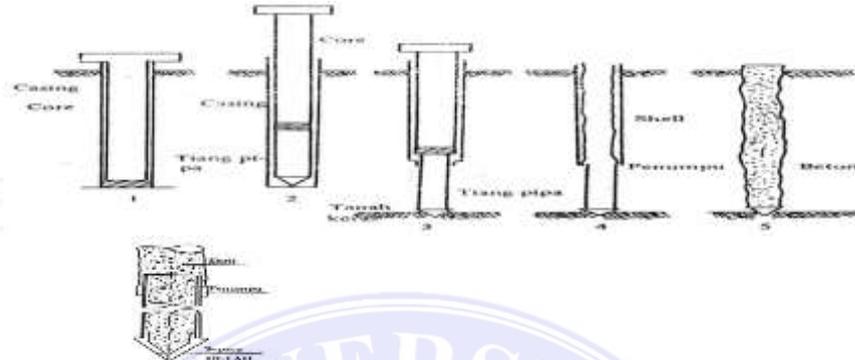


Gambar 18. Tiang Pancang *Composite Ungaged–Concrete And Wood Pile* (Sardjono, 1991)

Langkah penerapan tiang ini yaitu dengan berikut:

1. *Casing* dan *core* dipancang bersama-sama hingga hampir penuh dengan tanah, setelah itu dilakukan penarikan *core* keluar *casing*;
2. Tiang pipa baja dengan sepatu di ujung bawahnya dimasukkan ke dalam casing terus-menerus yang dipancang hingga ke tanah keras dengan bantuan *core*;
3. *Core* ditarik ke atas setelah mencapai tanah keras;
4. Shell beralur di dinding dimasukkan ke pada casing sampai tumpuan pada ujung atas tiangnya jenis baja. Jika dibutuhkan, besi tulangan bisa ditempatkan ke shell. Setelah itu, pengecoran beton hingga keras;

5. Saat *casing* ditarik keluar dari tanah, *shell* beton ditahan oleh *core*.



Gambar 19. Tiang Pancang *Composite Dropped-Shell And Pipe Pile* (Sardjono, 1991)

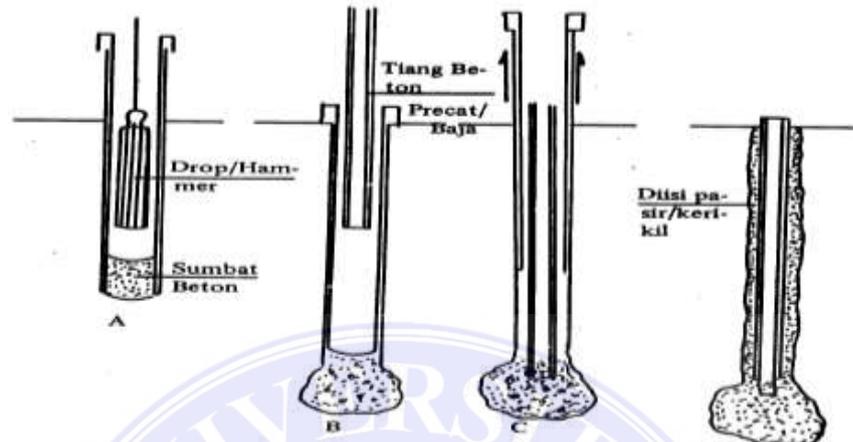
e. *Franki composite pile*

Prinsipnya hampir sama dengan tiang Franki biasa, tetapi tiang komposit Franki ini menggunakan tiang beton *precast* biasa atau tiang profil H dari baja pada bagian atasnya.

Berikut merupakan cara penggunaan tiang ini :

1. Pipa yang memiliki sumbat beton yang dicor sebelumnya terhadap ujung pipa baja yang dipancangkan pada tanah menggunakan *hammer drop* hingga tanahnya padat;
2. Sesudah itu memperoleh tingkat dalam yang dimaksud, beton ditambahkan ke pipa dan terus ditumbuk dengan *hammer drop* sambil pipa ditarik sedikit ke atas sehingga terbentuk bentuk bola beton;
3. Tiang beton *precast* ataupun tiang baja H harus ditempatkan pada pipa hingga tumpuan di bola beton pipa, kemudian ditarik keluar dalam tanah;

4. Isi rongga disekitaran tiang beton ataupun tiang H yang dibuat dari baja menggunakan kerikil ataupun pasir.



Gambar 20. Tiang Pancang Franki Composite Pile (Sardjono, 1991)

## 2.12 Pengambilan Sampel Tanah di Lapangan

Ada beberapa metode pengujian dalam pengambilan sampel tanah dilapangan antara lain:

## 2.13 Penyelidikan Lapangan Dengan Pengeboran

Tipe bor, ukuran bor, dan jenis tanah yang dapat dilakukan penetrasi menentukan jumlah daya mesin yang diperlukan untuk pengeboran yang digunakan pada proyek ini.

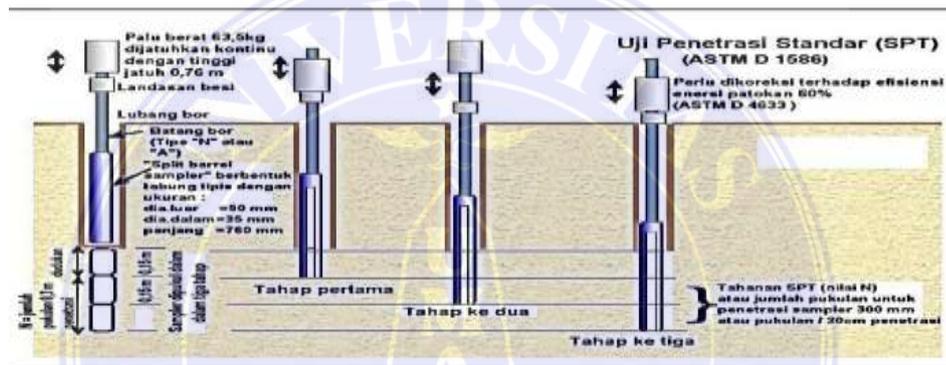
Jenis peralatan bor mesin digunakan dalam penyelidikan lapangan yang diterapkan ini. pada proyek tersebut pengeboran dilakukan dalam mengidentifikasi profil lapisan tanah pada tingkat dalam dan karakter fisik tanah, termasuk jenis, warna, dan tingkatan plastisitasnya. Selain itu sampel tanah diambil dalam tabung guna diuji laboratorium. Pengeboran ini bertujuan untuk melakukan penyelidikan yang lebih mendalam yaitu:

1. Untuk melakukan evaluasi visual menyeluruh atas kondisi tanah.

2. Mengambil sampel setiap lapisan sampai kedalaman yang diharapkan pada deskripsi.
3. Mengambil sampel yang tidak terganggu dan terganggu guna ditelusuri pada laboratorium.
4. Melakukan tes penetrasi SPT untuk menentukan kedalaman tanah keras.

## 2.14 Penyelidikan lapangan Dengan *Standart Penetration Test* (SPT)

Uji penetrasi standar (SPT) mengukur perlawanan dinamik tanah dan



Gambar 21. Skema Urutan *Uji Penetrasi Standart* (SPT) (SNI 4153: 2008)

pengambilan contoh yang terganggu oleh teknik penumbukan. Untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi, teknik ini sering digunakan. Metode SPT adalah studi dinamis yang dilaksanakan pada lubang bor. Dilakukan dengan memanfaatkan massa pendukung (palu) dengan berat 63,5 kg, yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm, untuk menempatkan tabung sampel berdiameter 35 mm ke dalam 305 mm. Banyak pukulan palu untuk melakukan ini dinyatakan sebagai N. (Hardiyatmo, 1996).

Metode ini telah ditetapkan sebagai ASTM D 1586 sejak tahun 1958, dengan beberapa revisi yang telah dilakukan sejak saat itu.

Beban ( $\pm 63,5$  kg) biasanya dijatuhkan dari 30" atau  $\pm 75$  cm merupakan percobaan yang umum dilakukan.

Pengamatan dan perhitungan dilaksanakan dengan berikut:

1. Pertama, tabung SPT dipukul ke kedalaman 45 cm, atau tingkat dalam yang diperhitungkan dapat terhambat dari pengeboran.
2. Selanjutnya, catat berapa banyak pukulan yang diperlukan dalam memasukkan setiap kedalaman 15 cm.

Sesudah uji SPT, kedalaman total yaitu 45 cm, memperoleh N1, N2, dan N3. Jumlah pukulan dalam menempatkan split spoon pada 15 cm awal dicatat sebagai N1, pada 15 cm kedua dicatat sebagai N2, dan pada 15 cm ketiga dicatat sebagai N3.

3. Angka SPT dihitung dengan melakukan penjumlahan dua angka pukulan akhir (N2+N3) terhadap masing-masing interval uji lalu dicatat terhadap pad log lembar bor.
4. Setelah pengujian tuntas, tabung SPT diangkat dari lubang bor untuk mengambil sampel tanah, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk diamati di lab.

Selanjutnya, hasil bor dan SPT dimasukkan ke dalam lembaran drilling log yang berisi:

1. Deskripsi tentang jenis tanah, warna, plastisitas, dan ketebalan lapisannya.
2. Pengambilan contoh tanah asli atau contoh yang tidak terganggu (UDS).
3. Pengujian Penerapan Standar (SPT).
4. Bagian atas air tanah.

5. Tangga pekerjaan dan batas waktu pekerjaan.

Jumlah pukulan N menunjukkan kerapatan relatif lapangan, terutama tanah pasir ataupun kerikil, serta kendala jenis tanah pada penetrasi. Tanah yang keras yaitu target umum uji ini.

### 2.14.1 Pengujian Tiang

Uji beban tiang biasanya dilakukan dengan tujuan berikut:

1. Membuat grafik yang menunjukkan kaitan beban dan penurunannya terkhusus untuk sekitaran beban perencanaan yang diinginkan.
2. Percobaan untuk memastikan bahwa pondasi tidak dapat runtuh sebelum beban yang ditetapkan. Pengeluaran ini berulang kali lipat dari jumlah pekerjaan yang dipilih selama proses perancangan. Nilai pengali lalu digunakan sebagai faktor aman.
3. Mengecek data hasil perhitungan kemampuan tiang menerapkan permsamaan (baik statis maupun dinamis) untuk mengetahui kapasitas ultimat yang sebenarnya. (H. C. Hardiyatmo, 2002).

### 2.14.2 Tujuan Percobaan SPT

1. Gunakan tabung untuk mengambil contoh tanah untuk mengetahui jenis tanah dan ketebalan lapisannya untuk mengetahui kepadatan relatif lapisan tanah tersebut.
2. Mendapatkan data kualitatif tentang perlawanan penetrasi tanah dan menentukan kepadatan dalam tanah yang tidak berkaitan, umumnya rumit untuk pengambilan sampel.

### 2.14.3 Kegunaan Hasil Penyelidikan SPT

1. Tentukan kedalaman dan tebal lapisan tanah
2. Alat dan cara kerjanya cukup sederhana.
3. Untuk mengidentifikasi jenis tanah, contoh tanah yang terganggu dapat diperoleh, sehingga dapat diperkirakan dengan tepat interpretasi kuat geser dan deformasi tanah.

### 2.15 Penyelidikan lapangan dengan *Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT, Sondir)*

Memasukkan sondir secara berdiri tegak ke dalam tanah dalam melihat seberapa kuat perlawanan penetrasi tanah terhadap tingkat dalam lapisan tanah yang tertembus adalah proses yang dikenal sebagai penyondiran.

Pada pengujian sondir, alat sondir, yang berbentuk silinder dengan ujung konus, ditekan ke dalam tanah dalam pengukuran perlawanan tanah terhadap ujung sondir serta gesekan selimut sondir (kendala ataupun gesekan selimut). Hingga saat ini, Indonesia belum menetapkan standar untuk alat sondir. ASTM D 3441-75T menetapkan kriteria peralatan sondir yang umumnya diterapkan dan sudah diperoleh secara luas, yakni sondir dengan luas perkiraan ujung konsus 10cm<sup>2</sup> dan selimut dengan luas 150 cm<sup>2</sup>, dan penetrasi hidrolis atau manual dengan kelajuan tidak melebihi 2 cm/det.

Sebuah conus atau bikonus yang diikatkan pada sebuah batang sebagai penopang membentuk alat sondir. Kemudian, dengan bantuan mesin sondir hidraulik yang bergerak dengan manual, alat sondir ditekan ke dalam tanah. Sondir mekanis memiliki dua jenis ujung konus yaitu (lihat Gambar 2.11 ) :

1. Pengukuran konsus biasa dengan perlawanan ujung konsus diterapkan terhadap tanah butiran kasar dengan lekat kecil.
2. Perlawanan ujung konus dan kendala lekat diukur sebagai bikonus yang umum diterapkan terhadap tanah butiran halus.

Pembacaan tahanan ikatan dan tahanan ujung kerucut diambil setiap kedalaman 20 cm. Pengukuran sondir mekanik dilakukan secara manual secara bertahap. Hal ini dilakukan dengan mengukur gesekan jahitan dan tahanan ujung setelah mengukur tahanan ujung dengan menometer sehingga laporan menunjukkan penurunan pada pengukuran awal (pembacaan). Bikonus dan konus adalah teknik penetrasi sondir mekanik. Selain itu, perhitungan dilakukan melalui rumus:

Perhitungan hambatan lekat (HL) menerapkan permasanaan:

$$HL = ( JP - PK ) / AB \dots\dots\dots ( 2.1 )$$

Jumlah hambatan lekat (JHL) dihitung dengan rumus :

$$JHL_i = \sum_o^i HL \dots\dots\dots ( 2.2 )$$

dimana :

- PK = Perlawanan penetrasi konus
- (q<sub>c</sub>) JP = Jlh perlawanan ( perlawanan ujung konus + selimut )
- A = Interval pembacaan = 20 cm
- B = Faktor alat = luas konus/luas torak = 10 cm
- i = Kedalaman lapisan yang ditinjau

**2.15.1 Kegunaan Uji Sondir**

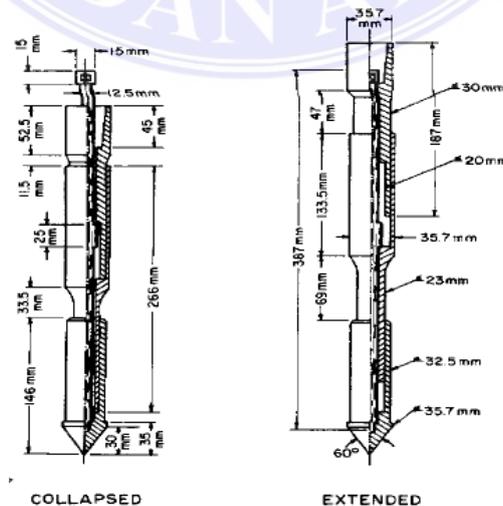
Adapun kegunaan uji sondir adalah :

1. Untuk mengidentifikasi profil dan sifat tanah
2. Menyediakan data pengeboran tanah.
3. Menentukan kekuatan pondasi
4. Untuk menentukan kedalaman lapisan tanah keras, daya dukung, dan daya lekat di setiap kedalaman
5. Untuk terus memberikan gambaran tentang jenis tanah
6. Untuk mengevaluasi (menjau kembali) sifat teknis tanah

### 2.15.2 Tujuan Uji Sondir

Adapun tujuan uji sondir adalah :

1. Tujuan praktis: mengetahui kedalaman dan kekuatan lapisan tanah
2. Tujuan teoritis :
  - a. Menentukan perlawanan penetrasi konus (penetrasi terhadap ujung konus dalam gaya persatuan luas)
  - b. Menentukan jumlah hambatan lekat tanah (perlawanan geser atau friksi tanah terhadap selubung bikonus yang ditunjukkan dalam gaya persatuan panjang.



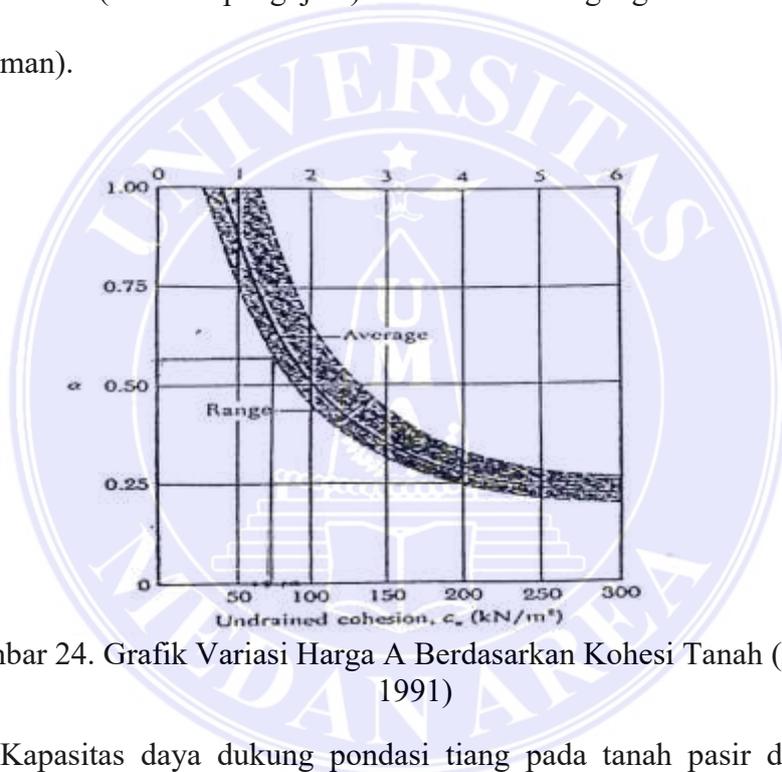
Gambar 22. Dimensi Alat Sondir Mekanis (SNI 2827:2008)



## 2.16 Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Dari Hasil SPT

*Standart Penetration Test* (SPT), sejenis percobaan dinamis, melibatkan penerapan standar, di mana alat yang disebut split spoon dimasukkan ke dalam tanah. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah, dan nilai jumlah pukulan (N).

Dua jenis koreksi harus dilakukan pada data uji SPT lapangan: koreksi efisiensi alat (metode pengujian) dan koreksi tegangan over burden efektif (kedalaman).



Gambar 24. Grafik Variasi Harga A Berdasarkan Kohesi Tanah (Bowles, 1991)

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah pasir dan silt diukur dengan perumusan berikut berdasarkan data uji lapangan SPT:

Kekuatan ujung tiang (*end bearing*).

Untuk tanah pasir dan kerikil:

$$Q_p = 40 \cdot N\text{-SPT} \cdot L/D \cdot A_p < 400 \cdot N\text{-SPT} \cdot A_p \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk tahanan geser selimut tiang adalah:

$$Q_s = 2 N\text{-SPT} \cdot p \cdot L \dots \dots \dots (2.2)$$

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

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk tahanan geser selimut tiang adalah:

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot L \dots \dots \dots (2.4)$$

$$C_u = N-SPT \cdot 2/3 \cdot 10 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$\alpha$  = koefisien adhesi antara tanah dan tiang

$C_u$  = kohesi *undrained*

$p$  = keliling tiang

$L$  = panjang lapisan tanah

### 2.17 Pondasi Kelompok Tiang

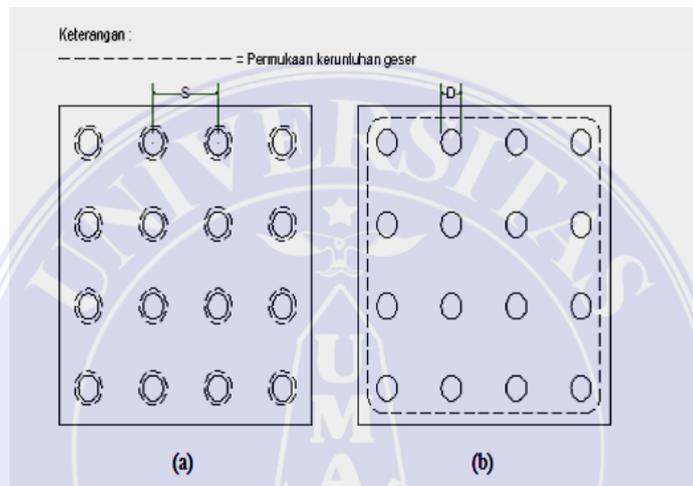
Secara umum, penggunaan pondasi tiang bored dijadikan gabungan antara berbagai tiang, yang dikenal dengan “tiang kelompok”. Kelompok tiang ini biasanya terdiri dari suatu konstruksi poer (*footing*) yang menghubungkan keompok tiang tersebut. Perhitungan poer sangat ketat sehingga:

1. Bila beban: Bidang poer tetap akan datar setelah penurunan beban pada kelompok tiang.
2. Gaya gaya yang diterapkan pada tiang jika dibandingkan dengan lurus dengan penurunan tiang tiang ini.

### 2.18 Kapasitas Kelompok Tiang

Kelompok tiang yang ditekan pada alas yang bertumpu pada lapisan kaku tidak berisiko meruntuhkan geser umum selama ada faktor keamanan yang sesuai pada reruntuhan tiang tunggal.

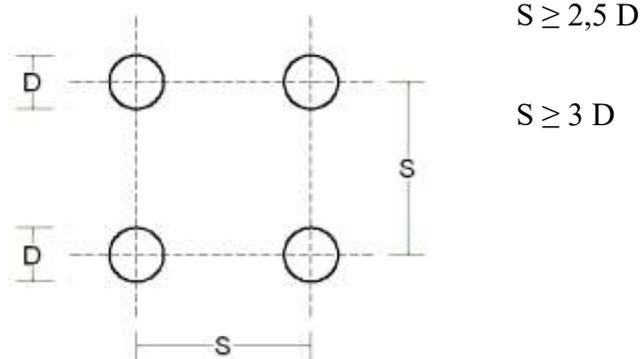
Pada kelompok tiang pancang yang pondasinya berpondasi terhadap lapisan tanah liat lunak, keamanan pada reruntuhan balok harus diasumsikan, terkhusus bila tiang pancang dipasang berdekatan. Kotoran di antara tumpukan dalam tumpukan yang dipasang pada jarak yang sangat jauh meluncur sepenuhnya, dan ketiak tumpukan turun ke bawah sebagai akibat dari beban kerja.



Gambar 25. Tipe Keruntuhan Dalam Kelompok Tiang : (a). Tiang Tunggal, (b). Kelompok Tiang (H.C. Hardiyatmo, 2002)

### 2.19 Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok

Menurut perhitungan. Daya dukung tanah telah diminta oleh Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L.



Keterangan:

S = Jarak masing-masing.

D = Diameter tiang.

Jarak dari dua tiang dalam kelompok biasanya tidak lebih dari 0,60 m, dan dapat mencapai 2,00 m. Fakta-fakta berikut menentukan ketentuan ini:

a. Bila  $S < 2,5 D$

Pada pemancangan tiang dapat mengakibatkan :

- 1) Potensi tanah di sekitar kelompok tiang untuk naik secara berlebihan dikarenakan tiang didorong terlalu dekat satu sama lain.
- 2) Mengangkat tiang pancang yang mengelilinginya

b. Bila  $S > 3 D$

Jika  $S > 3 D$ , tidak hemat biaya karena ukuran dan dimensi pijakan akan bertambah.

Merencanakan pondasi tiang pancang sering dimulai dengan mencari tahu berapa banyak tiang pancang yang dibutuhkan dan seberapa jauh jaraknya. Oleh karena itu, area poer yang diperlukan untuk setiap kolom portal dapat ditentukan.

## 2.20 Efisiensi Tiang *Bore Pile*

Efisiensi kelompok tiang dijelaskan dengan berikut:

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

Meskipun nilai efisiensi ini sering dihitung dengan beberapa formula, tidak ada kebijakan bangunan yang secara khusus mengatur tahap perhitungan.

Dalam laporan ASCE Commite on Deep Foundaion (1984), disarankan tidak

memanfaatkan efisiensi kelompok dalam menggambarkan tindakan kelompok tiang (*group action*). Pada tanah pasir dengan jarak tiang sekitar 2,0–3,0 D, tiang gesek dapat mempunyai daya dukung yang sangat besar dibanding total seluruh kemampuan dukung individu tiangnya. Di tanah kohesif, pergeseran blok di sekeliling kelompok tiang bersamaan pada ujung besar tidak dapat lebih dari daya dukung total setiap tiang.

Efisiensi kelompok tiang bergantung pada beberapa factor, diantaranya:

- a. Jumlah tiang, panjang, diameter, pengaturan, dan, yang paling penting, jarak antara as tiang
- b. Model transfer beban: tahanan ujung atau gesekan selimut
- c. Prosedur pelaksanaan konstruksi
- d. Urutan di mana tiang dipasang
- e. Tanggal setelah tiang dipasang
- f. Perhubungan antara tanah dan pelat penutup tiang
- g. Arah beban kerja.

Kapasitas ultimit kelompok tiang berdasarkan faktor efisiensi tiang ditunjukkan dengan rumus (Hardiyatmo, 2002), sebagai berikut:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

- $Q_g$  = Beban maksimal kelompok tiang yang menyebabkan keruntuhan.  
 $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.  
 $n$  = Jumlah tiang dalam kelompok.  
 $Q_a$  = Beban maksimal tiang tunggal.

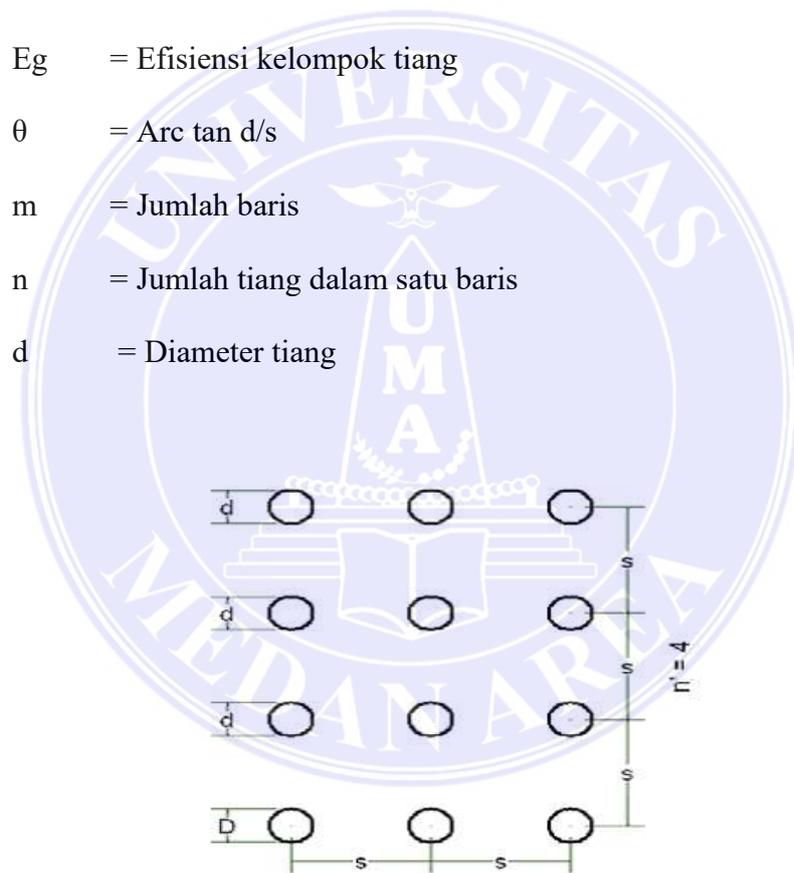
Sejumlah perhitungan telah dilakukan yang didasarkan pada susunan tiang pancang dan mengabaikan faktor-faktor seperti panjang, bentuk runcing, kualitas tanah yang berubah seiring kedalaman, dan efek muka air tanah. Satu dari berbagai persamaan untuk efektivitas tumpukan dikemukakan oleh:

a. Metode Converse-Labarre Formula

$$E_g = 1 - \theta = \frac{(m-1)n+(n-1)m}{90.m.n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- E<sub>g</sub> = Efisiensi kelompok tiang
- θ = Arc tan d/s
- m = Jumlah baris
- n = Jumlah tiang dalam satu baris
- d = Diameter tiang



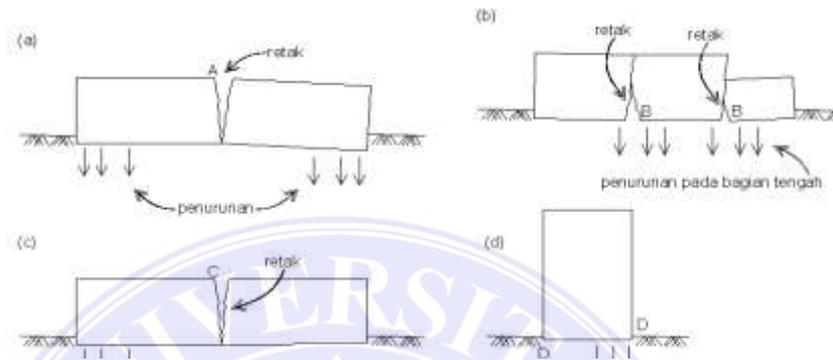
Gambar 26. Definisi Jarak S Dalam Hitungan Efisiensi Tiang  
 s = Jarak pusat ke pusat tiang (H. C. Hardiyatmo, 2002).

### 2.21 Penurunan Tiang

Dua hal yang harus diketahui tentang penurunan dalam teknik sipil adalah:

1. Tingkat penurunan yang akan terjadi
2. Laju penurunan

Penggunaan settlement atau penurunan berguna dalam menggambarkan bagaimana berbagai titik terhadap bangunan bergerak menuju titik referensi yang ditentukan. Bangunan biasanya lebih berisiko dari pemukiman yang tidak rata



Gambar 27. Contoh Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan (Poulos dan Davis, 1980)

daripada dari pemukiman lengkap. Gambar 2.18 menunjukkan contoh bentuk penurunan.

- a. Gambar (a) menunjukkan bahwa bangunan diperhitungkan dapat mengalami keretakan di sisi tengah bila tepinya turun sangat besar dari sisi bagian tengah.
- b. Pada gambar (b), bila sisi tengah bangunan menurun sangat besar, susu atasnya ditekan, dan sisi bawahnya ditarik. Jika terjadi deformasi yang signifikan, tegangan tarik yang muncul di bawah struktur bisa menyebabkan retakan.
- c. Pada gambar (c), kerusakan pada bagian c dapat disebabkan oleh penurunan satu sisi atau tepi.

- d. Gambar (d) menunjukkan sebuah bangunan yang berangsur-angsur mengendap dari satu sisi, menyebabkan bangunan tersebut miring tanpa cacat yang terlihat.

Setiap operasi penggalian terkait dengan perubahan keadaan tegangan tanah di samping kegagalan daya dukung tanah yang kuat. Penurunan pada pondasi biasanya disebabkan oleh deformasi akibat perubahan tegangan. (Hardiyatmo, 1996).

### 2.22 Perkiraan Penurunan Tiang Tunggal

Dari Poulos dan Davis (1980) Karena jumlah penurunan tiang yang disebabkan oleh konsolidasi tanah cukup kecil, penurunan berjangka panjang bagi struktur tiang tunggal tidak butuh diperhitungkan. Hal ini dikarenakan pondasi tiang pancang dibuat mempunyai daya tumpuan gesek yang sama atau lebih besar dari kekuatan tumpu ujung (Hardiyatmo, 2002).

Perhitungan estimasi penurunan tiang tunggal bisa dilakukan dengan menggunakan :

- a. Untuk tiang apung atau tiang friksi

$$S = \frac{Q \cdot I}{E_s \cdot D} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :  $I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_\mu$

- b. Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{Q \cdot I}{E_s \cdot D} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :  $I = I_o \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_\mu$

dengan :

$S$  = Penurunan untuk tiang tunggal.

$Q$  = Beban yang bekerja

$I_o$  = Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat  
(Gambar 2.19).

$R_k$  = Faktor koreksi kemudah mampatan tiang (Gambar 2.20)

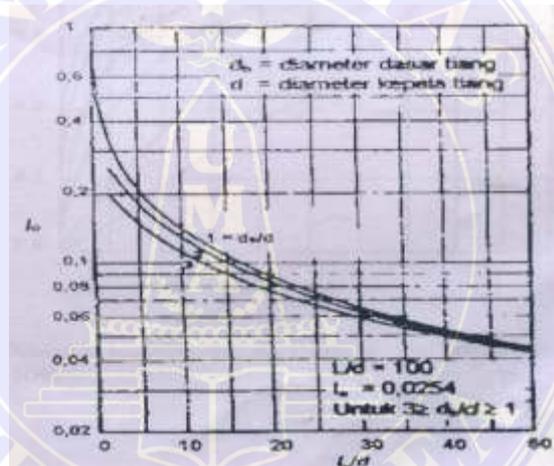
$R_h$  = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras  
(Gambar 2.21).

$R_\mu$  = Faktor koreksi angka Poisson  $\mu$ .

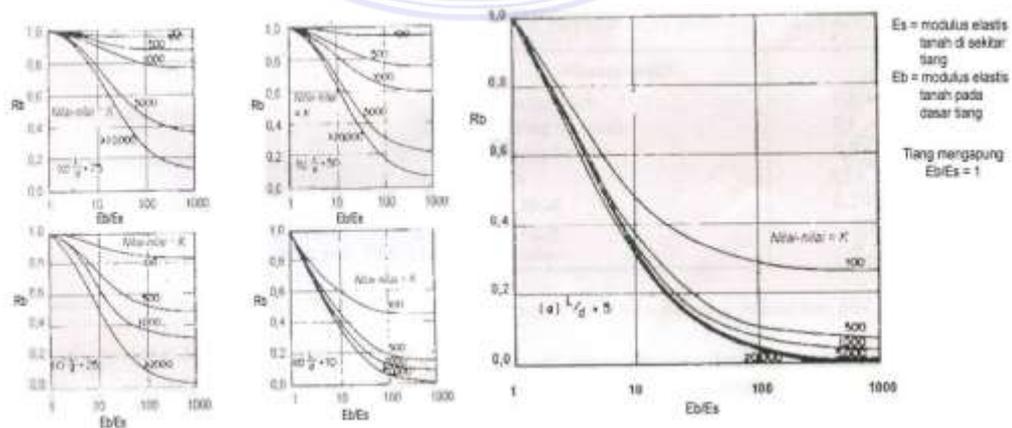
$R_b$  = Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung (Gambar 2.22).

$h$  = Kedalaman total lapisan tanah dari ujung tiang ke muka tanah.

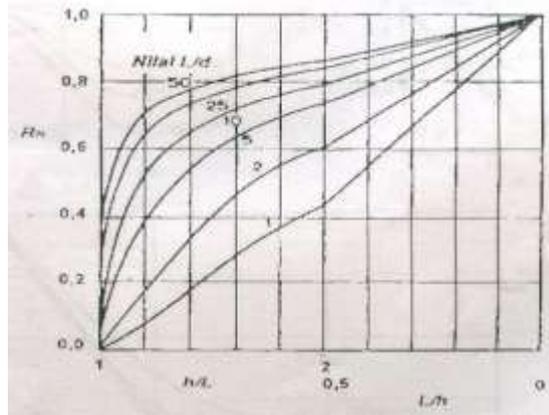
$D$  = Diameter tiang.



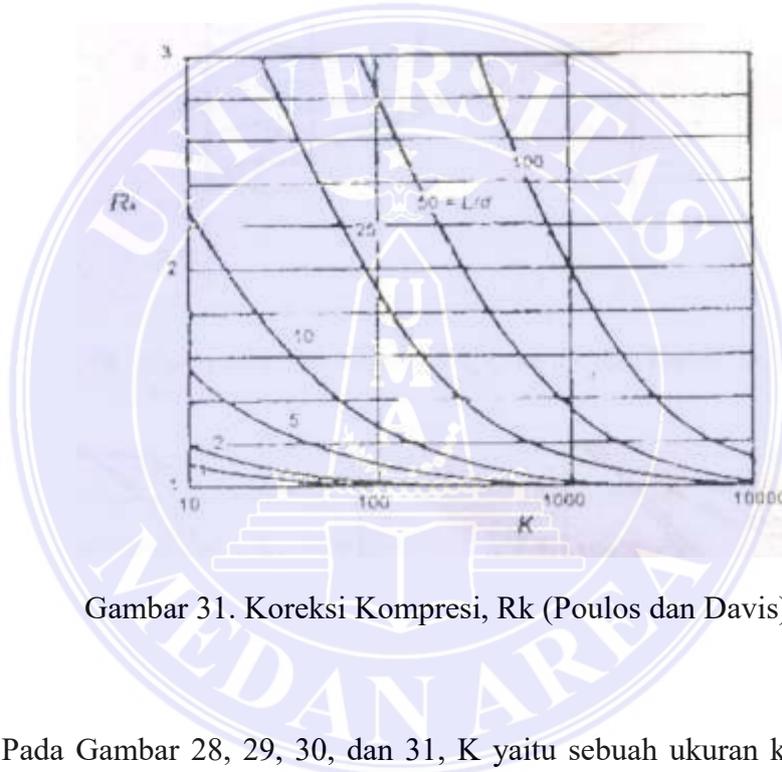
Gambar 28. Faktor Penurunan  $I_o$  (Poulos dan Davis)



Gambar 29. Koreksi Kekakuan Lapisan Pendukung,  $R_b$  (Poulos Dan Davis)



Gambar 30. Koreksi Kedalaman, Rh (Poulos Dan Davis)



Gambar 31. Koreksi Kompresi, Rk (Poulos dan Davis)

Pada Gambar 28, 29, 30, dan 31, K yaitu sebuah ukuran kompresibilitas cukup melalui tiang dan tanah yang dikatakan dari rumus:

$$K = \frac{R_p R_A}{E_s} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana :  $R_A = \frac{A_p}{\frac{1}{4}\pi d^2}$

dengan :

K = Faktor kekakuan tiang.

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang.

$E_s$  = Modulus elastisitas tanah disekitar tiang.

$E_b$  = Modulus elastisitas tanah didasar tiang.

Perkiraan angka Poisson ( $\mu$ ) dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 1. Perkiraan Angka Poisson ( $\mu$ ) (Hardiyatmo,1996)

Macam Tanah	$\mu$
Lempung Jenuh	0,4 – 0,5
Lempung Tak Jenuh	0,1 – 0,3
Lempung Berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir Padat	0,2 – 0,4
Pasir Kasar	0,15
Pasir Halus	0,25

Ada beberapa cara untuk menghitung modulus elastisitas tanah ( $E_s$ ), yaitu uji coba langsung di tempat dengan menerapkan data uji kerucut statis (sondir). karena kualitas yang buruk dan biaya tinggi dari nilai laboratorium untuk Ice (Bowles, 1977). Bowles memberi rumus berikut sebagai hasil mengumpulkan data sondir untuk uji kerucut statis:

$$E_s = 3q_c \quad (\text{untuk pasir}) \dots\dots\dots (2.12a)$$

$$E_s = 2 \text{ sampai } 8q_c \quad (\text{untuk lempung}) \dots\dots\dots (2.12b)$$

$q_c$  (side) = Perlawanan konus rataaan terhadap setiap lapisan sepanjang tiang.

Menurut penyelidikan mendalam Meyerhof, elastisitas tanah di bawah ujung tiang ( $E_b$ ) sekitar 5–10 kali lebih besar daripada elastisitas tanah di sepanjang tiang ( $E_s$ ).

Rumus penurunan tiang elastis yaitu:

$$S = \frac{(Q+\xi Q_s)}{A.E_p} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana :

$Q$  = Beban yang bekerja

$Q_s$  = Tahanan gesek

$\xi$  = Koefisien dari skin friction

$E_p$  = Modulus elastisitas dari bahan tiang

### 2.23 Pekiraan Penurunan Kelompok Tiang (*Pile Group*)

Kapasitas tiang pancang yang diizinkan seringkali lebih dilandaskan kepada syarat penurunan dalam perhitungan pondasi tiang. Rasio ketahanan ujung terhadap beban tiang merupakan faktor kunci yang mempengaruhi penurunan tiang. Penurunan mungkin cukup kecil jika berat yang ditopang oleh tiang kurang dari ataupun serupa pada tahanan ujungnya. Berikut ini adalah rumus untuk menyelesaikan kelompok tumpukan:

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

$$q = \frac{Q}{L_g \cdot B_g}$$

$$I = \text{Faktor pengaruh} = 1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \geq 0,5$$

$L_g$  dan  $B_g$  = Lebar poor tiang kelompok.

$Q_c$  = Kapasitas tahanan ujung tiang.

### 2.24 Faktor Keamanan

Tujuan berikut harus dicapai oleh keamanan ini:

1. Menawarkan perlindungan terhadap ketidakpastian metode perhitungan;

2. Menawarkan perlindungan dari perubahan kompresibilitas tanah dan kekuatan geser;
3. Memverifikasi kesesuaian material tiang pancang untuk mendukung beban kerja;
4. Memverifikasi bahwa penurunan keseluruhan timbunan ataupun kelompok tiang relatif pada batasan toleransi;
5. <emastikan bahwa tingkat toleransi tidak terlampaui oleh penurunan yang tidak rata antar tiang.

Penurunan yang diakibatkan dari beban kerja kurang dari 10 mm bagi faktor keamanan tidak kurang dari 2,5, menurut hasil berbagai pengujian, termasuk uji beban tiang dengan menggunakan timbunan dan tiang bor dengan diameter kecil hingga sedang (600 mm).

*Reese dan O'Neill* (1989) merekomendasikan penggunaan faktor keamanan (SF) untuk konstruksi pondasi tiang yang mempertimbangkan pertimbangan berikut:

1. Sifat dan signifikansi struktur;
2. Variabilitas tanah (keseragaman tanah);
3. Kedalaman penyelidikan tanah;
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan;
5. Variasi dan volume uji tanah yang dilakukan;
6. Adanya tanah pada properti (pile load test);
7. Pengawasan lapangan dan penjaminan mutu

Tabel 2 Faktor Aman Yang Disarankan (Reese & O'Neill, 1989)

Klasifikasi Struktur	Faktor Keamanan (F)			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol 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

Nilai kapasitas ultimit ( $Q_u$ ) dibagi dengan faktor keamanan (SF) yang relevan memberikan beban kerja (beban kerja), atau kapasitas tiang pancang yang diijinkan dengan mempertimbangkan keamanan terhadap keruntuhan. Berdasarkan data laboratorium, variasi besaran faktor keamanan yang telah banyak dimanfaatkan untuk perencanaan pondasi tiang pancang, tergantung dari jenis tiang pancang dan tanah.

1. Tiang Pancang

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots(2.15)$$

Menurut penelitian tertentu, tahanan ujung dan tahanan gesekan dinding memiliki faktor keamanan yang berbeda. Persamaan berikut mewakili kapasitas izin

$$Q_a = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \dots\dots\dots(2.16)$$

Pemakaian faktor keamanan 1,5 untuk tahanan gesekan dinding ( $Q_s$ ), yang lebih murah daripada faktor keamanan untuk tahanan ujung ( $Q_b$ ), yang lebih mahal, dibenarkan oleh fakta bahwa nilai puncak tahanan gesekan dinding dicapai ketika tiang menurun 2 - 7 mm, sedangkan tahanan ujung ( $Q_b$ ) yang lebih mahal memerlukan penurunan secara signifikan supaya tahanan ujung dapat beroperasi

penuh. Oleh karena itu, dengan memperhitungkan penurunan tiang terhadap beban kerja yang digunakan, faktor keamanan digunakan untuk menjamin keamanan tiang terhadap keruntuhan.

2. Tiang bor

Total tahanan ujung dan tahanan gesek dinding terbagi dengan berbagai fakto keamanan dalam mendapatkan kapasitas tiang bor yang diperbolehkan.

- a. Untuk dasar tiang yang dibesarkan berdiameter  $d < 2$  m

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots(2.17)$$

- b. Untuk tiang tanpa pembesaran di bagian bawah

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Kapasitas tiang pancang yang diizinkan harus dinilai untuk tiang pancang berdiameter lebih besar dari 2 m sambil memperhitungkan penurunan tiang.

**2.25 Penurunan Diizinkan**

Kemampuan bangunan untuk diturunkan tergantung pada sejumlah variabel. Pertimbangan mencakup jenis, ketinggian, tingkat kaku, tujuan bangunan, dan jumlah, laju, dan distribusi penurunan. Penurunan lambat meningkatkan memungkinkan bahwa struktur akan mampu beradaptasi dengan lingkungan baru tanpa dirugikan oleh creep. Maka dari itu, syarat untuk menurunkan pondasi tanah berpasir dan liat beda dikarenakan alasan ini.

Korelasi antara pengurangan yang diizinkan dan penurunan maksimum biasanya dapat ditetapkan sebab untuk menurunkan secara maksimal bisa diperhitungkan dengan kepastian yang memadai, dimana rasio penurunan yang aman akan sesuai:

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10 \% \cdot D \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana :

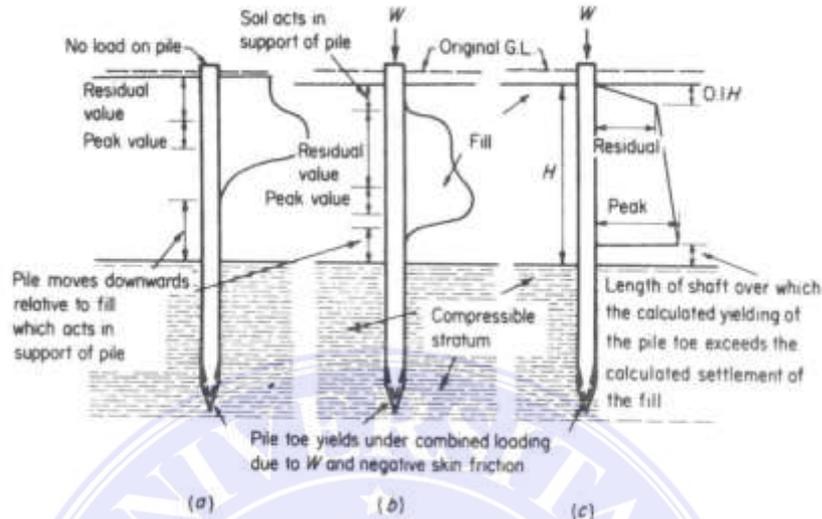
D = Diameter tiang.

## 2.26 Negative Skin Friction

Gesekan kulit negatif (negative skin friction) adalah gaya seret ke bawah yang dibawa oleh kotoran tumpukan. Beberapa keadaan, termasuk yang berikut, dapat menyebabkan hal ini, misalnya:

1. Tambalan tanah liat akan semakin memadat jika diletakkan di atas tanah granular tempat tiang pancang dimasukkan. Gambar 1(a) mengilustrasikan bagaimana proses konsolidasi ini akan menghasilkan gaya tarik ke bawah pada tiang pancang selama periode konsolidasi.
2. Pembebanan pasir di atas lapisan lempung lunak, seperti digambarkan pada Gambar 1(b), akan menyebabkan lapisan lempung terkonsolidasi dan menghasilkan gaya tarik ke bawah juga.
3. Tegangan vertikal efektif dalam tanah akan meningkat seiring penurunan muka air tanah. Akibatnya, tanah lempung akan terkonsolidasi dan mengendap. Di atas lapisan lempung ini, timbunan juga akan mengalami tarikan ke bawah.
4. Asumsikan bahwa pondasi akan terkubur dalam lapisan tanah yang keras dengan lapisan tanah yang dapat dimampatkan di atasnya. Meningkatnya tegangan pada permukaan tanah akan menyebabkan tanah yang kompresibel ini mengalami konsolidasi. Tanah akan bergeser sehubungan dengan tumpukan selama fase konsolidasi ini. Akibatnya, resistensi geser ke bawah dibuat di sekitar tumpukan. Gesekan kulit negatif adalah nama

yang diberikan untuk kejadian ini. Gambar 2.31 memberikan ringkasan keadaan di mana fenomena ini akan terjadi.



Gambar 32. Timbulnya *Negative Skin Fiction* (Hardiyatmo, 1996)

### 2.26.1 Pendekatan Negative Skin Friction (NSF) Berdasarkan Undrained Strength (Undrained Analysis)

Analisa NSF menurut keadaan tegangan tak salur (*undrained strength*) adalah keadaan di lapangan, analisis NSF mengasumsikan bahwa kelebihan tekanan air pori dari timbunan belum dilepaskan. Analisis ini dilakukan untuk menentukan kapasitas tiang untuk membawa sejumlah gaya tertentu dalam waktu dekat setelah prosedur penggerak selesai.

### 2.26.2 Pendekatan Negative Skin Friction (NSF) Berdasarkan Effective Stress (Drained Analysis)

*Drained analysis* (analisis salur) adalah teknik untuk menghitung NSF dalam keadaan jangka panjang. Dalam perhitungan dengan drainase, tegangan secara perlahan dipindahkan dari tanah ke tiang pancang, memungkinkan tekanan air pori ekstra menghilang. Dalam keadaan ini, tanah lunak secara bertahap akan

memikul berat timbunan, meningkatkan tekanan lapisan penutup dan kekuatan tanah.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Gambaran Lokasi Penelitian

Pembangunan jembatan pada tol Sigli-Banda Aceh sta44+209 terletak di seksi 3 di kecamatan jantho-indrapuri kabupaten Aceh besar provinsi Aceh. Pembangunan jalan tol seksi 3 tersebut sepanjang 16,37 km dibangun untuk keperluan untuk meningkatkan efisiensi waktu tempuh dampak cost yang dikeluarkan lebih murah dan nantinya bermanfaat pada sektor perekonomian, lalu lintas, barang dan jasa dan masyarakat.

Pembangunan tol Sigli-Banda Aceh sepanjang 74 km yang terbagi 6 seksi, seksi 1 (padang tiji- seulimeum), seksi 2 (seumelium-jantho), seksi 3 (jantho-indrapuri), seksi 4 ( indrapuri-blang bintang), seksi 5 (blang bintang-kuto baro), seksi 6 (kuto baro-simpang baitussalam) merupakan salah satu ruas tol trans sumatera yang menjadi proyek strategis nasional. Diharapkan jalan tol trans sumatera dari lampung hingga aceh akan tersambung seluruhnya pada tahun 2024 mendatang.

#### 3.2 Data Umum

Data umum dari proyek Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Sigli – Banda Aceh di Provinsi Aceh yaitu dengan berikut;

1. Nama Proyek : Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera Ruas Sigli– Banda Aceh.
2. Lokasi Proyek : Sigli – Banda Aceh, Provinsi Aceh.
3. Peta Lokasi : Gambar 33

### 3.3 Data Teknis Tiang Bor

1. Bentuk tiang bor : Spiral ( $\emptyset$  100 cm)
2. panjang tiang bor : 25 m
3. Mutu Beton tiang bor : K-350
4. Denah titik bor : Dapat dilihat pada lampiran

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam memperoleh maksud dan tujuannya dalam penelitian ini, diterapkan berbagai tahap yang dinilai butuh dan dapat dijelaskan dengan berikut:

1. Tahapan pertama: yaitu mereview dan studi pustaka pada text book dan beberap jurnal yang berhubungan pada pondasi tiang, masalah terhadap struktur tiang, menggunakan desain dan penyelenggaraan tiang yang dipancangan.
2. Tahapan kedua: yaitu peninjauan langsung menuju tempat kegiatan dan menetapkan tempat data diambil dan dinilai butuh.
3. Tahapan ketiga: merupakan penyelenggaraan data yang dikumpul melalui pihak kontraktor yakni PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
4. Tahapan keempat: yaitu melakukan analisa data menerapkan berbagai data di atas menurut formulasi yang dimiliki.

5. Tahapan kelima: yaitu melakukan analisa pada hasil pengukuran yang diterapkan dan menetapkan kesimpulannya.



Gambar 33. Lokasi Proyek (Sigli - Banda Aceh, 2023)

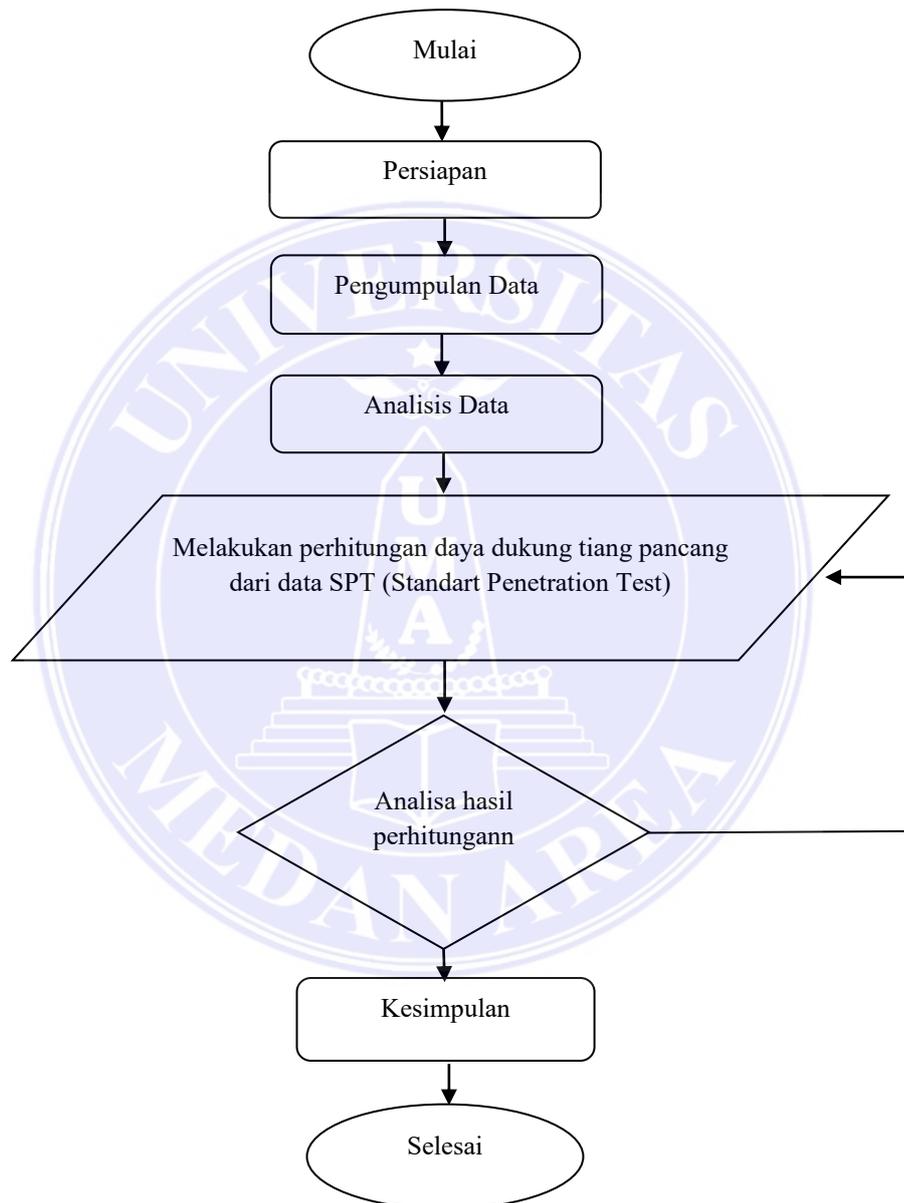
### 3.5 Metode Analisis

Untuk perhitungan struktur tiang bor ini, peneliti menerapkan berbagai langkah dengan berikut :

1. Melakukan perhitungan daya dukung bored pile yakni berdasarkan data SPT menggunakan teknik *Meyerhoff*
2. Melakukan perhitungan efisiensi Group

### 3.6 Kerangka Berpikir

Dalam memberikan kemudahan penyelesaian analisa data, maka disusun *flow chart* mengenai urutan beberapa hal yang dapat dilakukan dengan berikut:



Gambar 34. kerangka berpikir

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan pondasi bored pile pada Proyek jembatan tol Sigli-Banda Aceh seksi 3 bisa ditentukan kesimpulan dengan berikut:

1. Hasil perhitungan daya dukung ultimit tiang tunggal maksimum dengan kedalaman 24 meter, diameter 100 cm,  $Q_{ult} = 5652$  Ton. Setelah dibagi factor aman didapat  $Q_{ijin} = 1758,4$  Ton yang berarti kapasitas daya dukung tiang tunggal tidak boleh melebihi  $Q_{ijin}$
2. Daya dukung kelompok tiang, memberikan hasil kapasitas kelompok ijin tiang ( $Q_g$ ) = 2737,477 Ton > beban yang dipikul pada pondasi (P) = 821,865 Ton. Maka bisa diambil kesimpulan pondasi tiang dapat mendorong beban jembatan yang ada di atasnya. sebesar 821,865 Ton.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan kesimpulan tersebut, penulis memberikan masukan dengan berikut:

1. Tingkat akurasi perhitungan berdasarkan seluruh data yang ada, antara lain uji lapangan (N-SPT), uji laboratorium, dan data terkait lainnya. Disarankan agar data-data tersebut dapat diperoleh.
2. Pengambilan nilai faktor keamanan pada perhitungan mempengaruhi besarnya daya dukung.
3. Peninjauan terhadap peruntukan bangunan, menjadi acuan dalam pengambilan nilai SF.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E, 1991, *Analisis dan desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 1, Jakarta. Erlangga.
- Das, M. B, 1941, *Principles of foundation Engineering Fourth Edition*, Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Hardiyatmo, H. C, 1996, *Teknik Pondasi 1*, Jakarta, PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C, 2002, *Teknik Pondasi 2*, Edisi Kedua, Beta offset, Yogyakarta. Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah.
- Nurachim L, Yakin Y.A, 2017, *Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Bor Pada Jembatan Moh Toha di Proyek Penambahan Lajur Tol Kopo – Buah Batu*. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional.
- Khomsianti, N.L., Dkk. 2019. *Perbandingan daya dukung aksial pondasi tiang bor tunggal menggunakan data standart penetration Test (SPT) dan pile Driving Analyze (PDA) test pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan Malang*, Jurnal Bangunan, Vol 24, No.1, pp.25-32.
- Permana, s., & Gunawan, A. 2020. *Evaluasi Pondasi Bored Pile pada Proyek Kolam Ponds dengan Pile Driving Analyze Test*, Jurnal Konstruksi, Vol.18, No.2, pp.51-61. Supriyadi, Bambang, dan Agus Setyo Muntohar.
- Jusi, Ulfa. 2015. *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test)*. Tugas Akhir Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru.
- Simanjuntak, I. T. H., 2015, *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Kelompok pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fak. MIPA Universitas Negeri Medan (UNIMED)*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

# DRILLING LOGS

Muhammad Ridho Firdaus - Evaluasi Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada....



PROYEK JALAN TOL TRANS SUMATERA RUAS SIGLI - BANDA ACEH SEKSI 3  
STA 44+209 BORE HOLE NO. BH-35 A

Coordinates : X = -  
Y = -  
Ground Level : m  
Depth of Hole : 25,00 m  
GWL : -5,00 m

Driller : Ujang  
Start Date : 14/03/2019  
Finish Date : 16/03/2019  
Logged By : Yulianti  
M.Sudirman

Layer No.	Elevation ( m )	Depth ( m )	Thickness ( m )	Legend	Description	SPT			SPT Diagram	Sample No.	
						Depth ( m )	Blow Count			N - Value / 30 cm	Depth ( m )
							N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		
	-0,50	0,50			0,00 - 0,50 m : TOP SOIL (LANAU Lempungan), coklat gelap.						
		1.0			0,50 - 5,00 m : LANAU Lempung pasiran, coklat, ukuran butir pasir, konsistensi lunak.	1.55 - 2.00	2	1	2	3	
		2.0									
		3.0	4.50								
		4.0				3.55 - 4.00	2	2	3	5	UDS1 (55,0 cm) 3,00 - 3,55
	-5,00	5.0			5,00 - 6,00 m : LEMPUNG Lanauan, coklat, konsistensi kaku.	5.55 - 6.00	4	6	9	15	
	-6,00	6.0	1.00								
		7.0			6,00 - 10,00 m : LANAU Lempungan sisipan batu pasir, coklat keabuan, ukuran butir pasir halus, konsistensi sangat kaku-keras.	7.55 - 8.00	9	11	13	24	
		8.0	4.00								
		9.0				9.55 - 10.00	14	18	20	38	DS1 (55,0 cm) 9,00 - 9,55
	-10,00	10.0									
		11.0			10,00 - 22,00 m : LANAU Batu pasiran, coklat keabuan, ukuran butir pasir halus, konsistensi keras-sangat keras.	11.55 - 12.00	14	25	27	>50	
		12.0									
		13.0				13.55 - 14.00	15	29	31	>50	DS2 (55,0 cm) 13,00 - 13,55
		14.0									
		15.0	12.00			15.55 - 16.00	17	27	39	>50	DS3 (55,0 cm) 15,00 - 15,55
		16.0									
		17.0				17.55 - 18.00	29	37/10		>50	
		18.0									
		19.0				19.55 - 20.00	28	35/10		>50	DS4 (55,0 cm) 19,00 - 19,55
		20.0									

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/9/24

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

STA 44+209 BH 35 A

Access From (repository.uma.ac.id)2/9/24

# DRILLING LOGS



PROYEK JALAN TOL TRANS SUMATERA RUAS SIGLI - BANDA ACEH SEKSI 3  
 STA 44+209 BORE HOLE NO. BH-35 A

Coordinates : X = -  
 Y = -  
 Ground Level : m  
 Depth of Hole : 25,00 m  
 GWL : -5,00 m

Driller : Ujang  
 Start Date : 14/03/2019  
 Finish Date : 16/03/2019  
 Logged By : Yulianti  
 M.Sudirman

Layer No.	Elevation ( m )	Depth ( m )	Thickness ( m )	Legend	Description	SPT			SPT Diagram						Sample No.			
						Depth ( m )	Blow Count			N	N - Value / 30 cm						Depth ( m )	
							N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		10	20	30	40	50	60		
	-22,00	21.0 22.0			10,00 - 22,00 m : LANAU Batu pasiran, coklat keabuan, ukuran butir pasir halus, konsistensi sangat keras.	21.55 - 22.00	31	42/10	>50									
	-25,00	23.0 24.0 25.0	3.00		22,00 - 25,00 m : PASIR Lanauan, coklat keabuan, ukuran butir pasir halus, konsistensi sangat padat.	23.55 - 24.00	29	40/10	>50									D55 (55,0 cm) 23,00 - 23,55

