

**ANALISIS PONDASI *BORED PILE* PADA JEMBATAN  
AEK PEA RIHIT DI KABUPATEN TAPANULI UTARA**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**HAKIM ARMANDO BENNY SIHOMBING  
198110105**



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 1/11/23

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

Access From (repository.uma.ac.id)1/11/23

# **ANALISIS PONDASI *BORED PILE* PADA JEMBATAN AEK PEA RIHIT DI KABUPATEN TAPANULI UTARA**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan area



Oleh:  
**HAKIM ARMANDO BENNY SIHOMBING**  
**198110105**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul Skripsi : Analisis Pondasi *Bored Pile* Pada Jembatan Aek Pea Rihit di  
Kabupaten Tapanuli Utara  
Nama : Hakim Armando Benny Sihombing  
NPM : 19810105  
Fakultas : Teknik



Tanggal Lulus : 20 Juli 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.



Medan, 20 Juli 2023

Hakim A. B Sihombing  
198110105

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Hakim Armando Benny Sihombing  
NPM : 198110105  
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 : Analisis Pondasi Bored Pile Pada Jembatan Aek Pea Rihit di Kabupaten Tapanuli Utara. 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

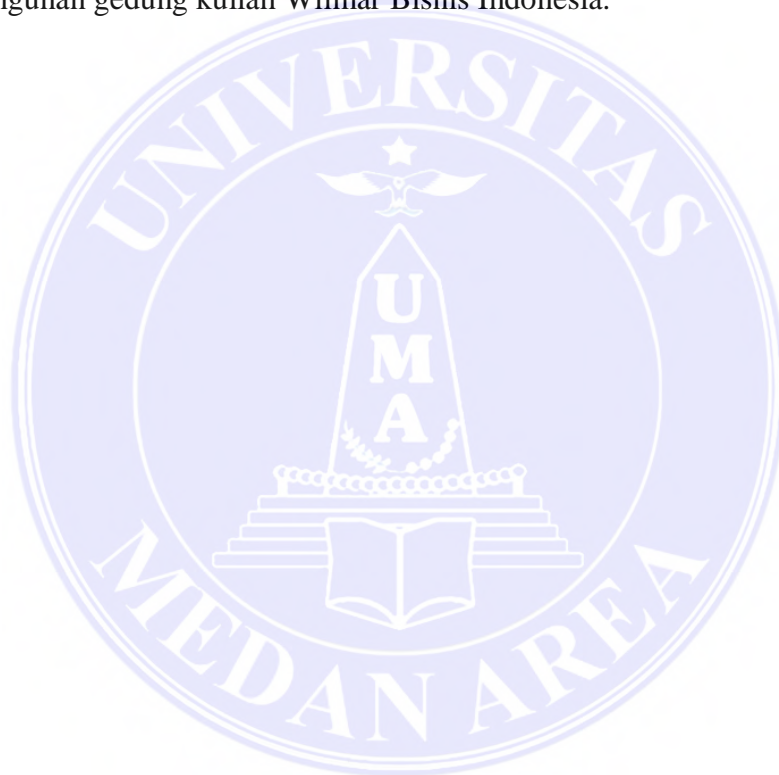
Pada Tanggal : 20 Juli 2023

Yang menyatakan

(Hakim Armando Benny Sihombing)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, Sumatera Utara pada tanggal 11 Agustus 1994 dari ayah alm. Mangara Sihombing dan Ibu Martianna Sianturi. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Tahun 2012 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Girsang Sipangan Bolon dan pada tahun 2013 terdaftar sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Medan yang lulus pada tahun 2016 dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan di Universitas Medan Area penulis juga pernah bekerja di kontraktor PT. Brantas Abipraya pada proyek pembangunan rusunawa. Penulis juga sudah melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PP pada proyek pembangunan gedung kuliah Wilmar Bisnis Indonesia.



## KATA PENGHANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ Analisis Pondasi *Bored Pile* Pada Jembatan Aek Pea Rihit Di Kabupaten Tapanuli Utara”. Penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bimbingan, nasehat serta petunjuk dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah saya sebagai penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc selaku rektor Universitas Medan Area, Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Ibu Susilawati, S. Kom, M. Kom selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Ibu Tika Ermita Wulandari, ST, MT selaku Kepala program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Bapak Hermansyah, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar telah membimbing serta memberi masukan yang berguna bagi saya., Bapak Suranto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II yang juga dengan sabar telah membimbing serta memberi masukan yang berguna bagi saya, Orang tua saya yang senantiasa memberikan dukungan doa ataupun dukungan material, dan seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak mengandung kelemahan dan kekurangan, baik dari segi materi, penyajian, maupun pemilihan kata-kata. Oleh karena itu, penulis akan sangat menghargai kepada siapa saja yang berkenan memberi masukan, baik berupa koreksi maupun kritikan yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi penyempurnaan skripsi ini. Terlepas dari semua kekuarangan yang ada, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Akhir kata saya ucapkan terima kasih.

Penulis

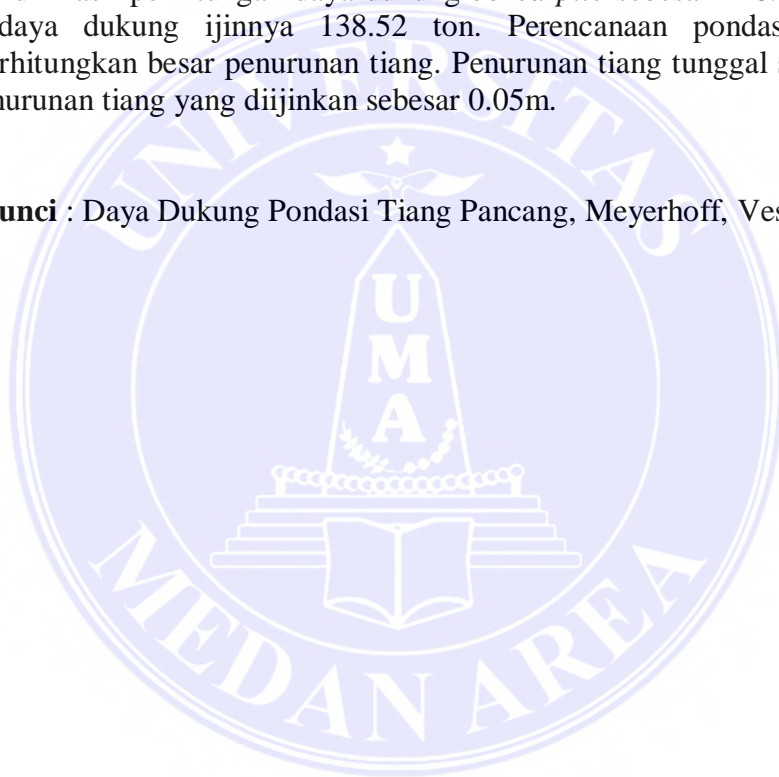


(Hakim Armando Benny Sihombing)

## ABSTRAK

Pondasi tiang atau disebut juga pondasi dalam dipergunakan untuk konstruksi beban berat (*high risebuilding*). Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama dikerjakan dilapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Pondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil, karena pondasi inilah yang memikul dan menahan suatu beban yang bekerja diatasnya yaitu beban konstruksi atas. Tujuan dari Penelitian ini untuk menghitung daya dukung *bored pile* dari hasil sondir dan menghitung penurunan yang terjadi pada *bored pile*. Pada perhitungan daya dukung *bored pile* dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhoff dan untuk perhitungan penurunan *bored pile* dilakukan dengan menggunakan metode Vesic. Berdasarkan data sondir hasil perhitungan daya dukung *bored pile* sebesar 426.86 ton dengan besar daya dukung ijinnya 138.52 ton. Perencanaan pondasi tiang juga memperhitungkan besar penurunan tiang. Penurunan tiang tunggal sebesar 0.02m dan penurunan tiang yang diijinkan sebesar 0.05m.

**Kata kunci :** Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang, Meyerhoff, Vesic

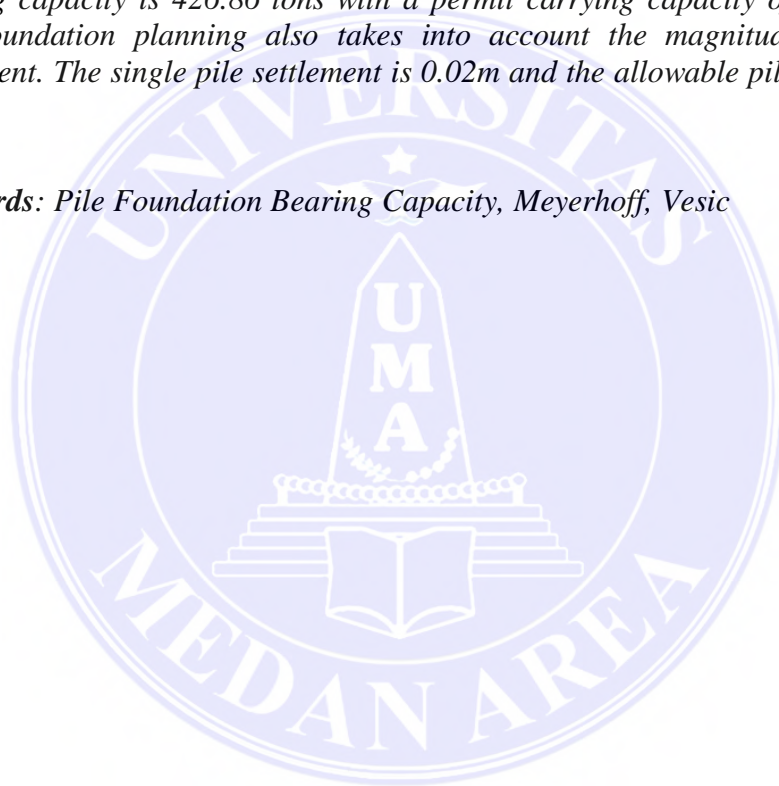




## ABSTRACT

*Pile foundations or also called deep foundations are used for heavy-load construction (high risebuilding). Before carrying out a construction, the first thing to do in the field is the foundation work (substructure). The foundation is a very important job in a civil engineering work, because it is this foundation that carries and holds a load that works on it, namely the top construction load. The purpose of this study is to calculate the carrying capacity of the bored pile from the sondir results and calculate the decrease that occurs in the bored pile. The calculation of the carrying capacity of the bored pile is carried out using the Meyerhoff method and the calculation of the bored pile settlement is carried out using the Vesic method. Based on sondir data, the calculation result of bored pile bearing capacity is 426.86 tons with a permit carrying capacity of 138.52 tons. Pile foundation planning also takes into account the magnitude of the pile settlement. The single pile settlement is 0.02m and the allowable pile settlement is 0.05m.*

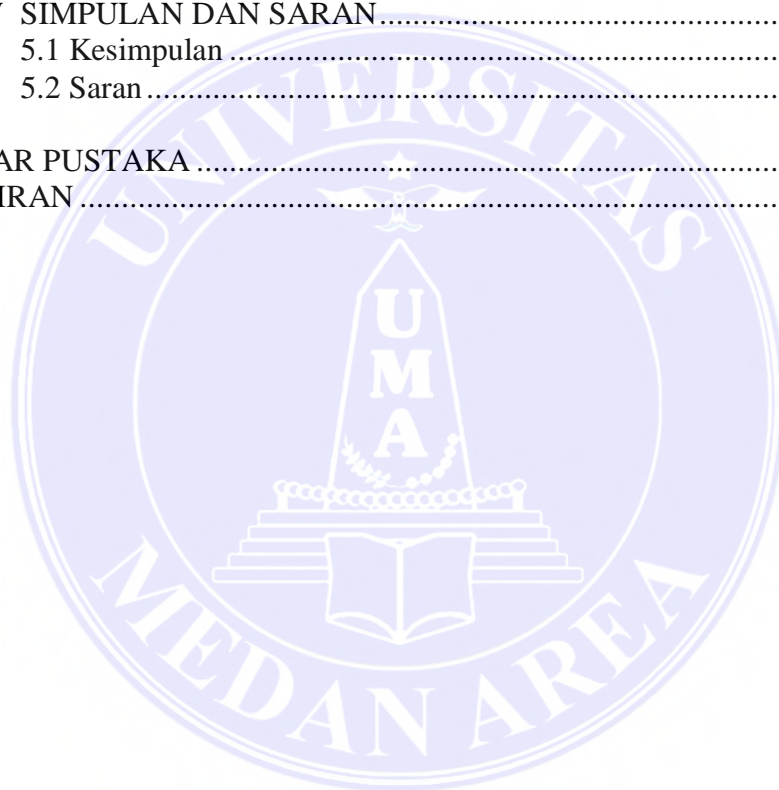
**Keywords:** *Pile Foundation Bearing Capacity, Meyerhoff, Vesic*



## 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 PENGHANTAR.....	vii
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Lingkup Penelitian .....	2
1.4 Maksud dan Tujuan .....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.1.1 Pengertian dan Fungsi Pondasi.....	5
2.2 Klasifikasi Pondasi .....	9
2.3 Karakteristik Tanah .....	16
2.3.1 Kekuatan Tanah.....	18
2.3.2 Parameter Tanah Pendukung Pondasi.....	20
2.3.3 Penyelidikan Tanah Untuk Struktur Pondasi .....	20
2.4 Pondasi Dangkal.....	27
2.4.1 Pondasi Batu Kali .....	27
2.4.2 Pondasi Telapak.....	28
2.5 Pondasi Dalam .....	29
2.5.1 Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	29
2.5.2 Pondasi Sumuran .....	37
2.5.3 Pondasi Tiang Pancang .....	38
2.6 Metode Pelaksanaan Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	39
2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	44
2.7.1 Kapasitas Daya Dukung Berdasarkan Hasil Uji Sondir .....	45
2.7.2 Daya Dukung Berdasarkan Mayerhoff .....	46
2.8 Penurunan Pondasi Tiang <i>Bored Pile</i> .....	48
2.9 Daya Dukung Tanah.....	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	52

3.1 Deskripsi Penelitian.....	52
3.2 Sumber Data.....	53
3.2.1 Lokasi Penelitian .....	54
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	54
3.4 Kerangka Berpikir .....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	56
4.1 Hasil.....	56
4.1.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang <i>Bored Pile</i> .....	56
4.1.2 Penurunan Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	62
4.1.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok ( $Q_{a_{group}}$ ).....	63
4.2 Pembahasan.....	64
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	xv
LAMPIRAN.....	xvi



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1	Hasil Penyelidikan Tanah Sondir..... 58
Tabel 2	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung <i>Bored Pile</i> ..... 60



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1	Jenis-jenis <i>Cast In Site Pile</i> ..... 14
Gambar 2	Sondir Kapasitas 2.5 Ton ..... 22
Gambar 3	Hasil Penyelidikan Tanah Sondir..... 23
Gambar 4	Contoh palu digunakan untuk pengujian SPT ..... 25
Gambar 5	Alat pengujian Standart Penetration Test..... 26
Gambar 6	Pondasi Batu Kali..... 28
Gambar 7	Pondasi Telapak ..... 29
Gambar 8	Pondasi <i>Bored Pile</i> ..... 30
Gambar 9	Pengeboran <i>Wash Boring</i> ..... 33
Gambar 10	Proses Pengeboran Lubang <i>Bored Pile</i> dengan Metode Kering.... 35
Gambar 11	Proses Pengeboran Lubang <i>Bored Pile</i> dengan Metode Basah ..... 36
Gambar 12	Proses Pengeboran Lubang <i>Bored Pile</i> dengan Metode <i>Casing</i> .... 37
Gambar 13	Bentuk Pondasi Sumuran ..... 37
Gambar 14	Potongan Pondasi Sumuran ..... 38
Gambar 15	Pondasi Tiang Pancang ..... 39
Gambar 16	Tulangan <i>Bored Pile</i> ..... 43
Gambar 17	Gaya Pada Tiang <i>Bored Pile</i> ..... 43
Gambar 18	Tiang Dukung Gesek..... 45
Gambar 19	Tiang Dukung Gesek..... 45
Gambar 20	Tiang Dukung Gesek..... 50
Gambar 21	Detail Pondasi Jembatan..... 52
Gambar 22	Denah <i>Bored Pile</i> ..... 53
Gambar 23	Lokasi Proyek Pembangunan Jembatan Aek Pea Rihit ..... 54
Gambar 24	Bagan Alir Penelitian ..... 55
Gambar 25	Potongan Memanjang Jembatan ..... 56
Gambar 26	Grafik Penyelidikan Uji Tanah Sondir ..... 57

## DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Grafik <i>Cone Resistant (CR)</i> .....	
Lampiran 2 Grafik <i>Sondering Test</i> .....	
Lampiran 3 <i>Sondering Test</i> .....	
Lampiran 4 Gambar Rencana.....	



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan jaman, pembangunan disemua aspek kehidupan bidang masyarakat diseluruh wilayah Indonesia dapat merata. Sesuai dengan perkembangan salah satu daerah, pembangunan infrastruktur merupakan salah satu sarana dan prasarana yang sangat menentukan untuk menunjang kelancaran dan meningkatkan aktifitas perekonomian di daerah yang mulai berkembang. Kota Tarutung adalah suatu kecamatan yang merupakan ibu kota Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara yang saat ini berusaha untuk memaksimalkan perkembangan infrastruktur guna mempermudah sarana dan prasarana masyarakat kota Tarutung, inilah yang akan menjadi tujuan dari pembangunan Jembatan Kota Tarutung.

Hal yang terpenting dalam pembangunan jembatan adalah bagian pondasi. Pondasi yang kuat akan menghasilkan bangunan yang kokoh, sebab itu pemilihan jenis pondasi dalam suatu konstruksi harus dipertimbangan dengan baik sesuai dengan kondisi area pembangunan tersebut. Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bangunan membutuhkan pondasi yang kuat dan kokoh sebagai pendukung konstruksi di atasnya. Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi.

Umumnya permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pada pondasi dangkal. Oleh karenanya, dibutuhkan suatu perencanaan yang matang untuk menghitung daya dukung pondasi. Daya dukung pondasi pada tanah perlu

dianalisis agar dapat menahan beban konstruksi yang direncanakan sehingga tidak mengalami penurunan yang berlebih. Adapun jenis pondasi yang digunakan pada proyek pembangunan jembatan Aek Pea Rihit di Tarutung, Tapanuli Utara yaitu pondasi *bored pile*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan masalah-masalah yang timbul dari latar belakang untuk mencari penyebabnya dan penyelesaiannya. Maka rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Berapa kapasitas daya dukung pondasi tiang tunggal?
2. Berapa besar penurunan tiang tunggal yang mungkin terjadi?

## 1.3 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian hanya meliputi masalah yang menyangkut daya dukung pondasi *bored pile*, besar penurunan yang mungkin terjadi. Perhitungan perencanaan pondasi tidak membahas struktur atas dari jembatan tersebut.

## 1.4 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka maksud penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisis pondasi dalam jenis *bored pile* pada jembatan Aek Pea Rihit di Kabupaten Tapanuli Utara. Sedangkan tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah:

1. Menghitung kapasitas daya dukung *bored pile* dari data uji sondir.
2. Menghitung besar penurunan pondasi tiang tunggal



## 1.5 Batasan Masalah

Analisis daya dukung tiang pada pembangunan jembatan perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya beban yang dapat dipikul oleh pondasi *bored pile* dan *pile cap* tersebut. Adapun batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Struktur yang akan dianalisis adalah pondasi *bored pile*.
2. Lokasi yang dianalisis adalah pondasi *bored pile* yang terdapat pada jembatan Aek Pea Rihit, Kec. Tarutung, Kab. Tapanuli Utara.
3. Analisa daya dukung pondasi diambil dari data penyelidikan tanah sondir.
4. Pondasi *bored pile* yang ditinjau adalah abutmen 1 titik sondir S-1.
5. Tidak membahas bagian konstruksi atas jembatan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

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

1. Jurnal ilmiah Muhammad Wahyuddin dengan judul: Analisis dan Perencanaan Pondasi Tiang *Bored Pile* pada Jembatan Jalur Ganda Kereta Api Bekri Kabupaten Lampung Tengah. Berdasarkan hasil penelitian dari jurnal tersebut untuk daya dukung aksial ijin pondasi *bored pile* untuk satu tiang dengan diameter 1 m adalah 3273,1938 kN lebih besar dari daya dukung maksimum yang membebani tiang sebesar 3220,13 kN sehingga struktur bawah jembatan mampu menahan beban dari struktur di atasnya.
2. Jurnal ilmiah Achmad Pahrul Rodji dengan judul: Analisis Pondasi *Bored Pile* Pada Proyek *Metrostater* Depok Jawa Barat. Berdasarkan penelitian tersebut bahwa daya dukung pada tiang *bored pile* dengan perhitungan manual memakai metode (Reese & Wright, 1977) sebesar 1276,4 ton dan metode (Meyerhof,1956) sebesar 1627,8 Ton, dikonfirmasi dengan hasil *Axial Test* sebesar 1250 Ton dan hasil Plaxis sebesar 1300 Ton. Dari hasil tersebut didapat bahwa pada metode (Reese & Wright, 1977) nilai nya lebih besar 50 ton dibandingkan hasil *Axial Test*. Dan pada metode (Meyerhof,1956) nilai nya lebih besar 377.8 ton dibandingkan hasil *Axial Test*.

3. Jurnal ilmiah Reza Afrizona Fauzih dengan judul: Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Pembangunan Pondasi Jembatan Kali Kenteng dan Kali Serang Segmen Susukan di Ruas Jalan Tol Salatuga-Kartasura, PT. Waskita Karya (Persero), Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan penelitian tersebut bahwa rekomendasi kapasitas daya dukung berdasarkan Uji SPT: 1) pada sekitar titik pemboran BH-1 menggunakan tiang pancang diam = 1,5 m sampai kedalaman 14 m dengan nilai N-SPT 60 daya dukung yang diijinkan tiap satu tiang sebesar 1364,01 ton; 2) pada sekitar titik pemboran BH-2 menggunakan tiang pancang diam = 1,5 m sampai kedalaman 22 m dengan nilai N-SPT 60, daya dukung yang diijinkan tiap satu tiang sebesar 2132,47 ton; dan 3) pada sekitar titik pemboran BH-3 menggunakan tiang pancang diam = 1,5 m sampai kedalaman 16 m dengan nilai N-SPT 60, daya dukung yang diijinkan tiap satu tiang sebesar 1556,13 ton.

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

### 2.1.1 Pengertian dan Fungsi Pondasi

Pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya ke lapisan tanah yang cukup daya dukungnya. Berdasarkan kedalaman tertanam di dalam tanah, maka pondasi dibedakan

menjadi pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Dikatakan pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Sedangkan pondasi dangkal apabila  $D/B \leq 4$ . Tiang bor (*bored pile*) merupakan salah satu jenis pondasi yang merupakan bagian dari konstruksi yang terbuat dari beton dan tulangan baja. Fungsi pondasi ini untuk mentransfer beban-beban dari atas ke lapisan tanah. Bentuk distribusi beban dapat berbentuk beban vertical melalui dinding tiang. Dengan kata lain daya dukung tiang dapat dikatakan merupakan kombinasi tahanan selimut dengan tahanan ujung tiang.

Pada prinsipnya perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas (*upper structure*) meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada diatas permukaan tanah seperti kerangka pemikul bangunan tersebut. Sedangkan untuk bangunan bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang ada di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bangunan yang dimaksud adalah pondasi.

Keamanan sebuah bangunan dalam ilmu teknik sipil sangat ditentukan oleh kekuatan strukturnya, baik struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*base structure*). Banyak jenis pondasi yang dapat digunakan, akan tetapi dalam penentuan jenis pondasi yang akan digunakan tergantung dari kebutuhan, yaitu berdasarkan besar beban yang akan diterima dan jenis lapisan tanah yang digunakan sebagai tempat perletakan pondasi.

Struktur bawah adalah struktur yang seluruh bagiannya berada dalam tanah atau berada di bawah permukaan tanah. Struktur bawah dari suatu bangunan terdiri atas *pile cap* dan pondasi namun komponen yang lebih dikenal adalah

pondasi karena tugasnya lebih berat yaitu memikul beban bangunan di atasnya. Seluruh beban dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya. Adapun fungsi dari pondasi antara lain :

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

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

- a) Untuk memikul beban-beban dari struktur atas.
- b) Untuk menahan gaya angkat (*up-lift force*) pada pondasi atau dok di bawah muka air.
- c) Untuk memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran. Tiang ini kemudian ditarik lagi.
- d) Untuk mengurangi penurunan (*settlement*).
- e) Untuk memperkaku tanah di bawah pondasi mesin, mengurangi amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem.
- f) Untuk memberikan tambahan faktor keamanan, khususnya pada kaki jembatan yang dikhawatirkan mengalami erosi.
- g) Untuk menahan longsor atau sebagai *soldier piles* (Rahardjo, 2000).

Perencanaan pondasi dalam dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Pondasi tiang pancang sering dipakai pada lahan yang masih luas dan kosong, dimana getaran yang ditimbulkan pada saat aktivitas pemancangan berlangsung tidak mengganggu lingkungan sekitarnya, sebaliknya apabila bangunan yang didirikan berada diantara bangunan lainnya maka diperlukan pemakaian pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor merupakan pondasi tiang yang pemasangannya diharapkan tidak merusak bangunan yang telah ada disekitarnya, biasanya pemakaian pondasi tiang bor dilaksanakan apabila tanah dasar yang kokoh mempunyai daya dukung yang besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 m serta keadaan sekitar tanah bangunan sudah banyak berdiri bangunan tingkat tinggi sehingga di khawatirkan dapat mengakibatkan getaran-getaran yang dapat menimbulkan retak-retak pada bangunan yang sudah ada.

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hary Christady Hardiyatmo, 2010). Pemasangan pondasi *bored pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan

dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan temporary casing untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

Daya dukung tanah merupakan hal yang perlu diperhitungkan dengan baik dan teliti dalam perencanaan pondasi. Daya dukung pondasi dihitung untuk mengetahui berapa jumlah tiang yang dibutuhkan sehingga pondasi mampu menahan beban yang bekerja. Nilai daya dukung aksial tiang bor didapat dari nilai terkecil dari daya dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan dan berdasarkan kekuatan tanah. Daya dukung ijin tiang bor berdasarkan kekuatan tanah diperoleh dengan dua pengujian. Pengujian yang pertama dengan menggunakan data hasil pengujian *Standard Penetration Test* (SPT). Pengujian kedua kapasitas daya dukung ijin tiang bor juga dapat diperoleh dengan uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT).

## 2.2 Klasifikasi Pondasi

Berdasarkan kondisi pelapisan tanah dimana pondasi bertumpu serta besar beban bangunan struktur atas pondasi bisa dibagi kedalam 2 jenis, yakni:

### 1. Pondasi Dangkal (*shallow foundation*)

Pondasi dangkal adalah struktur bangunan paling bawah yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Meskipun pondasi dangkal sangat umum dipakai, namun pada kondisi tertentu pondasi tersebut tidak cocok untuk dipergunakan. Sebagai contoh, apabila lapisan tanah yang dekat permukaan sangatlah jelek (lembek) atau ada kemungkinan terjadi gerusan dari air permukaan (*crossi*), genangan air

atau bila pondasi menahan beban lateral yang sangat besar maka pondasi dangkal kurang cocok untuk digunakan.

Pada awalnya, yang dikategorikan dalam pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki kedalaman (D) lebih kecil atau sama dengan dimensi lebar pondasi (B). Namun dalam perkembangannya, pondasi masih dianggap dangkal meskipun kedalaman pondasi mencapai tiga (3) sampai empat (4) kali lebar pondasi (4B).

Persyaratan untuk pondasi dangkal yaitu:

1. Perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi  $\leq 1$
2. Daerah penyebaran struktur pondasi pada tanah di bawahnya (lapisan penyangga/*bearing stratum*) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.

Secara fisik umumnya pondasi dangkal berupa pondasi tapak dengan bentuk empat persegi panjang, bujur sangkar, atau lingkaran (setempat dan menerus). Menurut Ir. Rudy Gunawan:1983, untuk pondasi bangunan rumah-tinggal dan gedung bertingkat biasa (*ordinary low rise buildings*), karena berat bangunan relatif tidak besar, maka biasanya cukup digunakan pondasi dangkal yang disebut pondasi lansung (*spread footing*), yaitu dengan memperlebar bagian bawah dari kolom atau dinding bangunan, sehingga beban bangunan disebarkan (*spread*) menjadi desakan yang lebih kecil daripada daya dukung tanah yang diizinkan. Dimensi pondasi dihitung berdasar beban bangunan dan daya dukung yang diizinkan.

$$A_1 = \frac{\text{Beban Bangunan}}{\text{Daya Dukung Tanah}}$$



$A_1$  adalah luas pondasi

Kedalaman pondasi langsung dangkal akan semakin murah dan semakin mudah pelaksanaannya, tetapi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan:

1. Dasar pondasi harus terletak dibawah lapisan tanah teratas (“*top-soils*”) yang mengandung humus/bahan organik/sisa tumbuh-tumbuhan.
2. Kedalaman tanah urug (*sanitary land fill*) atau tanah lunak (“*peat*”, “*muck*”).
3. Kedalaman muka air tanah.
4. Letak dan kedalaman pondasi bangunan lama yang berdekatan.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, maka kedalaman dasar pondasi langsung di Indonesia biasanya diletakkan antara 0.6 m sampai 3.0 m dibawah muka tanah.

Pondasi dangkal (pondasi langsung) menurut bentuk konstruksinya biasa dibagi menjadi empat macam:

- a. Pondasi menerus (*continunous footing*)
  - b. Pondasi telapak (*individual footing*)
  - c. Pondasi kaki gabungan (*combined footing*)
  - d. Pondasi plat (*mat footing/raft footing*) (Ir. Rudy Gunawan, 1983)
2. Pondasi Dalam (*deep foundation*)

Pondasi dalam merupakan jenis pondasi dalam Teknik Pondasi yang dibedakan dengan pondasi dangkal dari segi kedalaman masuknya ke dalam tanah.

- a. Perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari empat ( $D/B \leq 4$ ), meneruskan beban ke tanah keras atau batu, terletak jauh dari permukaan. Adapun jenis-jenis pondasi dalam : Pondasi sumuran (*pier foundation*); peralihan pondasi dangkal dan pondasi tiang dipakai bila lapisan tanah kuat letaknya relatif jauh.
- b. Pondasi tiang (*pile foundation*); digunakan bila lapisan di kedalaman normal tidak mampu mendukung bebannya dan lapisan tanah kerasnya sangat dalam, terbuat dari kayu, beton dan baja. Diameter lebih kecil dan lebih panjang dari pondasi sumuran (Bowles, 1991).

Berdasarkan material yang digunakan, pondasi tiang terbagi atas 4 jenis, yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja dan tiang pancang komposit.

#### 1. Tiang Pancang Kayu

Tiang-pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dengan hati-hati dan biasanya diberi bahan pengawet, dan didorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Kadang-kadang ujungnya yang besar didorong untuk maksud-maksud khusus, seperti dalam tanah yang sangat lembek di mana tanah tersebut akan bergerak kembali melawan poros dan dengan ujung tebal terletak pada lapisan yang keras untuk dukungan yang diperbesar.

Buku pedoman ASCE (dicetak ulang ASCE (1959) tetapi sekarang tidak dicetak lagi) mengategorikan tiang pancang sebagai berikut :

Kelas A : Digunakan untuk beban-beban berat dan/atau panjang tak bertopang yang besar. Diameter minimum dari ujung tebal 360 mm.

Kelas B : Untuk beban-beban sedang. Diameter ujung tebal minimum 300 mm.

Kelas C : Gunakan di bawah bidang batas air jenuh atau untuk pekerjaan yang bersifat sementara. Diameter ujung tebal minimum adalah 300 mm. Kulit kayu (*bark*) dapat ditinggalkan (dibiarkan) pada kelas tiang-pancang ini.

Tiang Pancang Beton Tiang pancang beton dapat dibedakan menjadi :

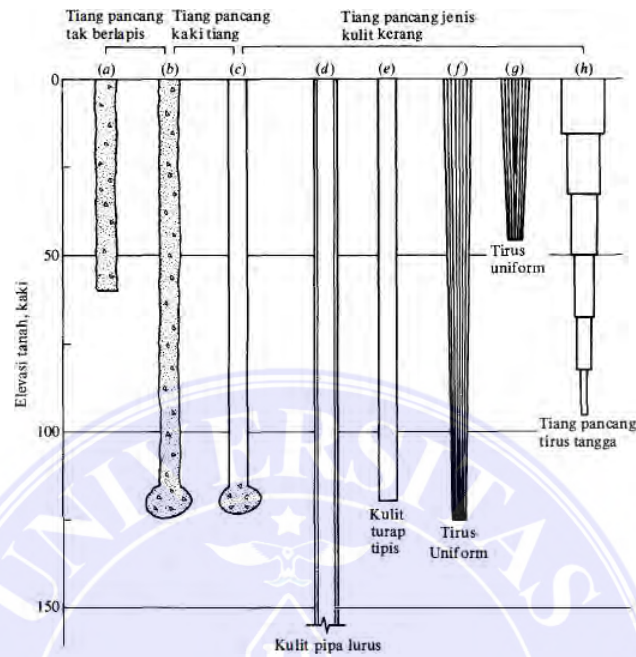
a. Tiang-tiang Beton Pracetak (*Precast Pile*)

Tiang-pancang dalam kategori ini dibentuk di tempat pencoran sentral sesuai dengan panjang tiang pancang yang sudah ditentukan, diobati, dan kemudian dikirimkan (dikapalkan) ke tempat konstruksi. Jika ruangan tersedia dan jumlah yang diperlukan sudah mencukupi, maka halaman pencoran dapat disediakan di proyek untuk mengurangi biaya transportasi.

b. Tiang-Pancang yang Dicor Langsung di Tempat (*Cast-In Place Piles*)

Tiang-pancang yang dicor langsung di tempat, dibentuk dengan membuat sebuah lubang dalam tanah dan mengisinya dengan beton. Lubang tersebut dapat dibor (seperti di dalam kaison), tapi lebih sering dibentuk dengan memancarkan sebuah sel (*shell*) atau corong ke dalam tanah. Corong (*casing*) tersebut dapat diisi dengan sebuah paksi (*mandrel*), dengan kondisi pada penarikan balik paksa akan mengosongkan corong. Corong dapat juga dipancang dengan sebuah ujung pemancang pada titik, yang menyediakan sebuah sel yang siap untuk segera diisi dengan beton, atau corong dapat dipancang dengan

ujung terbuka, dan tanah yang terperangkap dalam corong dapat dikeluarkan setelah pemancangan diselesaikan.



Gambar 1. Jenis-jenis *Cast In Site Pile* (Bowles, 1991)

Beberapa jenis yang umum dari tiang-pancang yang dicor langsung di tempat (telah dipatenkan) yaitu :

- 1) tiang-pancang Western tak bercorong;
- 2) pipa tanpa Franki berkaki tiang tak bercorong;
- 3) tiang-pancang Franki tiang yang bercorong;
- 4) pipa tanpa sambungan lipat atau tak berpatri;
- 5) tiang-pancang Western yang bercorong;
- 6) tiang-pancang bertabung satu atau tiang-pancang padu;
- 7) Standar Raymond;
- 8) tiang-pancang tirus tangga Raymond.

a. Tiang Pancang Baja

Jenis-jenis tiang-pancang baja ini bisanya berbentuk H yang digiling atau merupakan tiang-pancang pipa. Balok yang mempunyai flens lebar (*wide-flange beam*) atau balok-1 dapat juga digunakan ; tapi, bentuk H khususnya dibuat sebanding untuk menahan tegangan pancangan yang keras yang mungkin dialami oleh tiang-pancang tersebut. Dalam tiang- pancang H flens dan badan mempunyai tebal yang sama; bentuk W yang standar dan bentuk H biasanya mempunyai badan yang lebih tipis dari flens.

b. Tiang Pancang Komposit

Tiang pancang komposit merupakan perpaduan antara tiang pancang baja dan beton. (Bowles, 1991).

Klasifikasi tiang yang didasarkan pada metode pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Tiang pancang (*driven pile*) : Tiang di pasang dengan cara membuat bahan berbentuk bulat/bujursangkar memanjang yang di cetak terlebih dahulu kemudian di pancang ke dalam tanah.
2. Tiang bor (*drilled shaft*) : Mengebor tanah lebih dulu sampai kedalaman tertentu, kemudian tulangan baja dimasukkan dalam lubang bor dan kemudiandiisi/di cor dengan beton.
3. Kaison (*caisson*) : Suatu bentuk kotak silinder yang di cetak, dimasukkan kedalam tanah pada kedalam tertentu kemudian diisi beton.

Menurut cara pemindahan beban tiang pancang dibagi 2, yakni:

1. *Point bearing pile (End bearing pile)*

Tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung kelapisan tanah keras.

2. *Friction pile*

- a. *Friction pile* pada tanah dengan butir-butir tanah kasar (*coarse grained*) dan sangat mudah melakukan air (*very permeable soil*). Tiang ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit (*skin friction*).

Pada proses pemancangan tiang-tiang ini dalam suatu grup (kelompok) tiang yang mana satu sama lainnya saling berdekatan akan menyebabkan pori-pori tanah tanah dan mengcompactkan tanah diantara tiang-tiang tersebut dan tanah disekeliling kelompok tiang tersebut. Karena itu tiang-tiang yang termasuk kategori ini disebut juga “*Compaction Pile*”.

- b. *Friction pile* pada tanah dengan butir-butir halus (*very fine grained*) dan sukar melakukan air. Tiang ini juga meneruskan beban ke tanah melalui kulit (*skin friction*), akan tetapi pada proses pemancangan kelompok tiang-tiang tidak menyebabkan tanah diantara tiang-tiang ini menjadi *compact*. Karena itu tiang-tiang yang termasuk kategori ini disebut “*Floating Pile Foundation*”. (Ir.Sardjono, H.S).

### 2.3 Karakteristik Tanah

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Menurut Nakazawa (1983) Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri

seperti tanggul atau bendungan atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti tembok atau dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. Tenaga-tenaga Teknik Sipil yang berperan dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan perlu mempunyai pemahaman yang mendalam mengenai fungsi-fungsi serta sifat tanah itu bila dilakukan pembebanan.

(Hardiyatmo, 1996) menyatakan tanah pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Material ini berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali oleh sifat batuan induk yang merupakan material asal, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya kemudian dipakai sebagai nama tambahan dibelakang material unsur utamanya. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya.

Tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu udara, air dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi udara dan air, tanah pada

kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol.

### 2.3.1 Kekuatan Tanah

Menurut Frick (2001) keadaan kekuatan tanah sebagai dasar pondasi tergantung pada susunan dan struktur tanah sebagai kulit bumi yang termakan cuaca dan air hujan. Semakin heterogen struktur tanah tersebut, semakin sulitlah perencanaan pondasi. Kekuatan tanah dapat diselidiki dengan berbagai cara, antara lain :

1. Kedalaman dan ketebalan lapisan bumi, terutama lapisan yang akan menerima beban pondasi,
2. Tegangan tanah (s) yang diizinkan,
3. Keadaan hidrologis (sifat – sifat dari lapisan tanah).

Perlu diperhatikan bahwa disamping kekuatan atau kelemahan, kekokohan landasan tanah juga dipengaruhi oleh :

1. Pemadatan dan penurunan tanah akibat vibrasi lalu lintas, peralatan berat perindustrian dan sebagainya.
2. Penurunan tanah akibat perubahan hidrologis (misalnya penurunan muka air tanah atau kadar air di dalam tanah) atau karena pengikisan pada tepi sungai dan sebagainya,
3. Pergeseran tanah atau longsor akibat tekanan berat, terendam air akibat banjir atau air pasang.

Hal tersebut mengakibatkan penurunan gedung yang tak terhindarkan. Perencanaan pondasi yang baik akan menghambat terjadinya penurunan. Namun,



apabila terjadi penurunan masih dalam batas toleransi. Pondasi bangunan yang menjamin kestabilan / keseimbangan bangunan terhadap pembebanan (berat sendiri, beban hidup, retakan dan gerakan geologis kecil serta gaya tekan angin, gempa bumi dan sebagainya) harus diperhitungkan sedemikian rupa. Dengan pengetahuan tentang konsep struktur, maka pondasi merupakan bagian struktur gedung yang mempunyai daya tahan paling lama sebagai landasan dari struktur bangunan.

Perencanaan struktur bawah diperlukan data- data mengenai karakteristik tanah tempat struktur tersebut berada dan beban struktur yang bekerja di atas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, tinggi muka air tanah dan lain lain. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis - jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut dan lain - lain. Seorang *structure engineer* harus bisa menentukan jenis pondasi yang tepat untuk digunakan berdasarkan data tanah yang ada pada *soil engineer*. Hasil penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain:

1. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah di kedalaman tanah
2. Analisis daya dukung tanah.
3. Besar nilai SPT (*Strandard Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
4. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat
5. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah dan lain – lain.
6. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data – data tanah. Selanjutnya rekomendasi dari soil engineer mengenai jenis pondasi yang bisa digunakan berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang didapat.

### 2.3.2 Parameter Tanah Pendukung Pondasi

Untuk bisa melakukan pekerjaan perencanaan pondasi diperlukan terlebih dahulu pemahan mengenai teori mekanika tanah, khususnya tentang sifat-sifat tanah. Secara umum sifat-sifat tanah dibagi menjadi 2 bagian besar, yakni:

#### 1. *Index Properties*

- Berat Volume :  $\gamma, \gamma_{sat}, \gamma_d, \gamma'$
- Angka pori :  $e = \frac{V_v}{V_s}$
- Porositas :  $n = \frac{V_v}{V}$
- Kadar air :  $w = \frac{W_w}{W_s}$
- Derajat Kejenuhan :  $S = \frac{V_w}{V_v}$
- *Atterberg Limit* : LL, PL, dan PI

#### 2. *Engineering Properties*

- Sudut geser dalam ( $\phi$ )
- Kohesi (c)
- Kompresibilitas ( $u, C_c, C_s$ )

(M.Shouman,2010:Hal 1-3)

### 2.3.3 Penyelidikan Tanah Untuk Struktur Pondasi

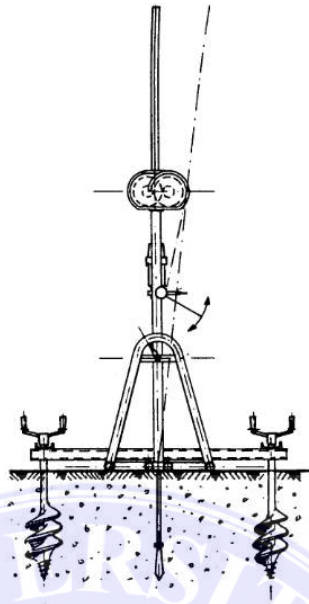
Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak timbul penurunan (*settlement*) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan tanah yang cukup padat (tanah keras). Untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing*

*capacity*) dan daya dukung pondasi yang diizinkan maka perlu dilakukan penyelidikan tanah yang mencakup penyelidikan baik di lapangan (lokasi/ rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium. Penyelidikan tanah dilakukan dengan beberapa cara, yakni : (Ir. Gunawan, Pengantar Teknik Pondasi)

#### 1. Sondir

Sondir adalah alat yang merupakan representasi dari pondasi tiang dalam skala kecil yang berbentuk silinders dengan ujungnya berupa bikonus. Bikonus ditekan kedalam tanah dengan menggunakan seperangkat alat penekan manual atau hidrolis dengan perantara stang pipa sondir lengkap dengan batang dalam sebagai penghubung bikonus dengan manometer pembaca perlawanan dan hambatan lekat tanah (umumnya panjang masing-masing = 1 m'). Tes sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*Cone Resistance*) dan hambatan lekat (*Local Friction*) secara langsung di lapangan. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) serta jumlah hambatan pelekak (TF). Prosedur pengujian Sondir mengacu pada SNI 2827:2008. Sondir menurut kapasitasnya dibagi menjadi dua macam, yaitu:

- a. Sondir ringan, memiliki kapasitas 0-250 kg/cm<sup>2</sup> dengan kedalaman 30 meter.
- b. Sondir berat, memiliki kapasitas 0-600 kg/cm<sup>2</sup> dengan kedalaman 50 meter.

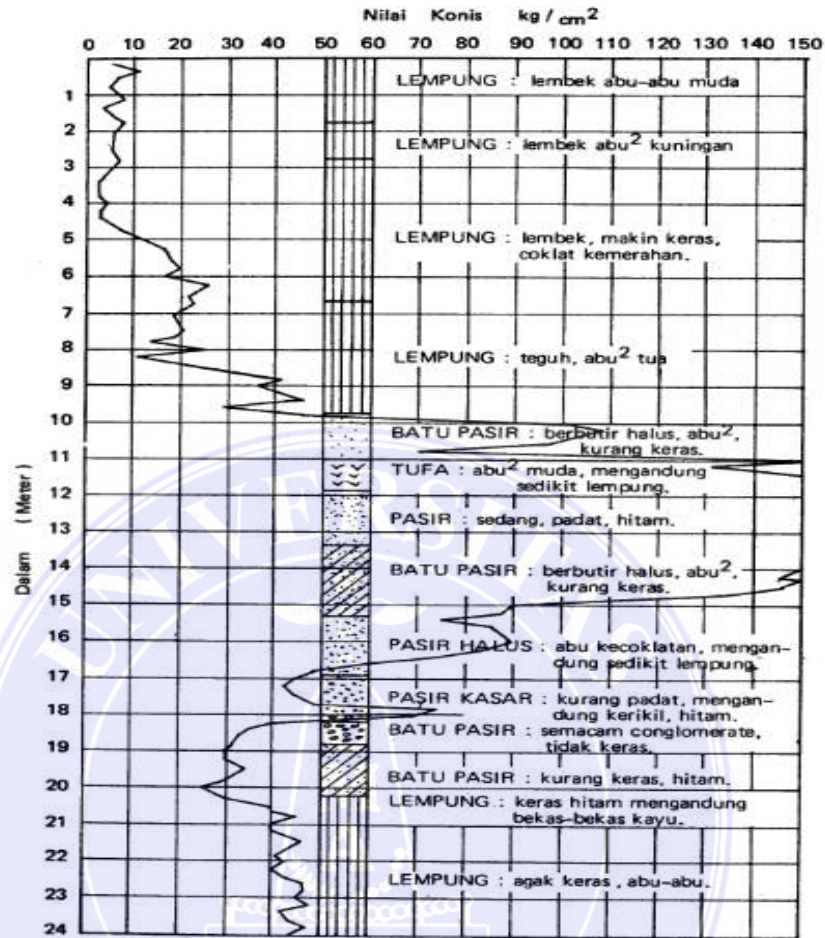


Gambar 2. Sondir Kapasitas 2.5 Ton (Ir. Gunawan, 1991)

Sondir menurut jenis alatnya dibagi menjadi dua macam, yaitu:

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

Diagram hasil pengujian sondir dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3. Hasil Penyelidikan Tanah Sondir (Ir. Gunawan, 1991)

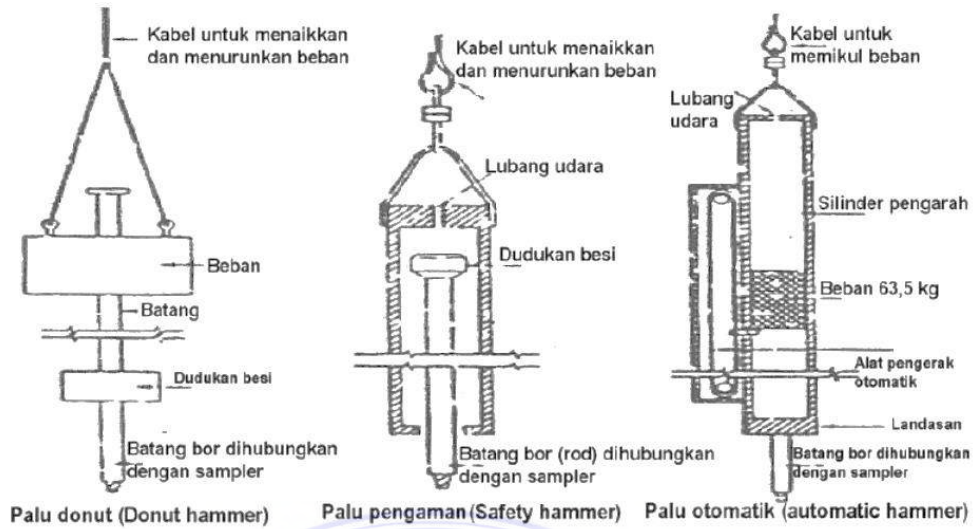
## 2. Deep boring

*Deep boring* merupakan suatu metode penyelidikan tanah dengan cara pengeboran untuk mengetahui baik nilai kekerasan tanah maupun lapisan tanah / strata tanah serta pengambilan sampel tanah baik yang tidak terganggu (*Undisturbed sampling*) maupun tanah yang terganggu (*Disturbed Sampling*). Nilai kekerasan tanah diambil setiap kedalaman interval tertentu dengan cara dipukul menggunakan alat Hammer dengan berat 63.5 kg yang di jatuhkan secara bebas dengan tinggi jatuh 76 cm. Pelaksanaan pengambilan data kekerasan tanah dibagi dalam tiga tahap, yaitu setiap tahap dilakukan

pemukulan dengan alat Hammer dengan penurunan sedalam 15 cm untuk masing masing tahap, dan pengambilan data ini dilakukan sebanyak tiga kali tahap sampai penurunan 45 cm.

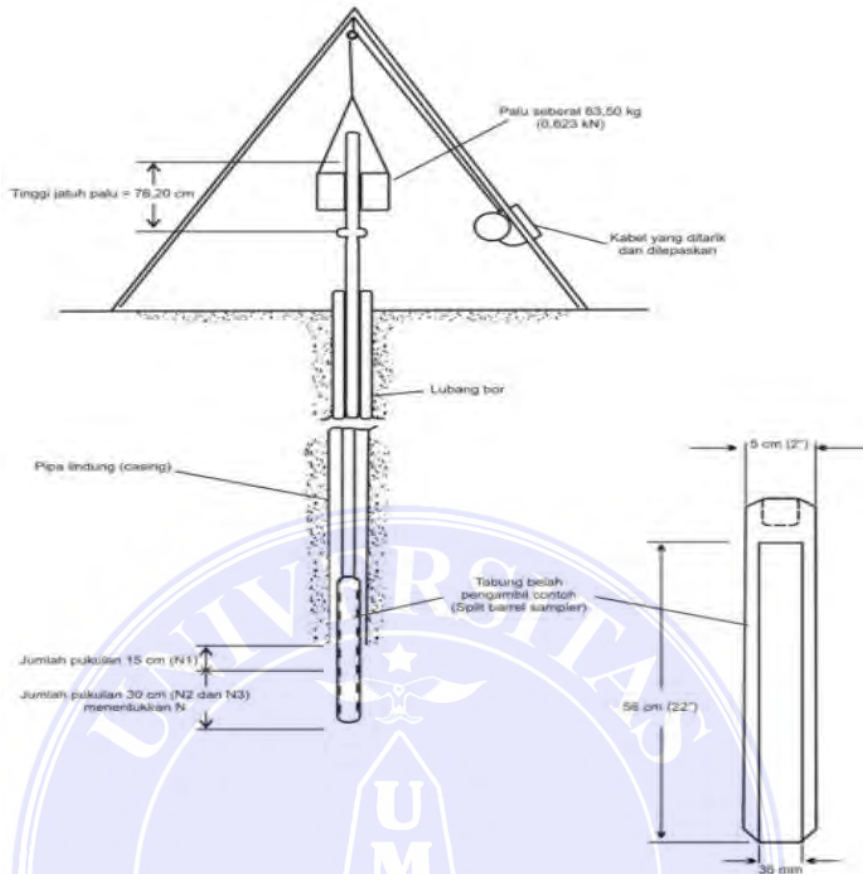
### 3. *Standar Penetration Test*

SPT (*standard penetration test*) adalah metode pengujian di lapangan dengan memasukkan (memancangkan) sebuah *Split Spoon Sampler* (tabung pengambilan contoh tanah yang dapat dibuka dalam arah memanjang) dengan diameter 50 mm dan panjang 500 mm. *Split spoon sampler* dimasukkan (dipancangkan) ke dalam tanah pada bagian dasar dari sebuah lubang bor. Uji Standard Penetration Test (SPT) dilakukan pada setiap lubang bor teknik dengan interval pengujian setiap 2,0 m. Pada uji SPT, indikasi tanah keras diartikan sebagai lapisan tanah dengan nilai SPT di atas 50 pukulan / 30,0 cm sebanyak 3 (tiga) kali pada 3 (tiga) kedalaman berturut turut. Prinsip pelaksanaan uji penetrasi standar (SPT) yaitu dengan memukul sebuah tabung standar kedalam lubang bor sedalam 450 mm menggunakan palu 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm. Yang dihitung adalah jumlah pukulan untuk melakukan penetrasi sedalam 150 mm. Jumlah yang digunakan adalah pada penetrasi sedalam 300 mm terakhir. Pengujian SPT mengacu pada SNI 4153:2008 dan ASTM D1586-67. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah. Hasil SPT ini disajikan dalam bentuk diagram pada boring log.



Gambar 4. Contoh palu digunakan untuk pengujian SPT (SNI 4153-2008)

Pengujian yang lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan pada tiap-tiap penembusan sedalam 7,62 cm (3 inci) atau setiap 15 cm (6 inci). Dengan cara ini, kedalaman sembarang jenis tanah didasar lubang bor dapat ditaksir, dan elevasi dimana gangguan terjadi dalam usaha menembus lapisan yang keras seperti batu, dapat dicatat. Hitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi yang pertama, penetrasi 15 cm yang ke-dua dan ketiga, catat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15 cm. Jumlah pukulan yang dihitung adalah  $N_2 + N_3$ . Nilai pada  $N_1$  tidak diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran. Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter. (SNI 4153:2008).



Gambar 5. Alat pengujian Standart Penetration Test (SNI 4153-2008)

#### 4. Cone Penetration Test (CPT)

Penetrometer yang lazim digunakan di Indonesia dinamakan juga Sondir dan merupakan test penetrasi yang statis. CPT ini dikembangkan di Belanda dan karenanya dinamai pula sondir Belanda.

Konsep kerja dari CPT adalah :

- c. Sebuah konus baja dimasukkan kedalam tanah dengan kecepatan konstan.
- d. Gaya yang diperlukan untuk penetrasi ini diukur dan dibagi dengan luas penampang konus, memberikan tahanan konus  $q_c$ .
- e.  $Q_c$  ini merupakan indikator daya dukung atau kekuatan dari tanah.



## Kelemahan CPT dibandingkan dengan SPT

Mekanisme CPT dapat dikatakan statik, dan karenanya amat berbeda dengan mekanisme pemancangan (dinamik). Ada jenis-jenis tanah tertentu yang memberikan tahanan penetrasi yang besar selama berlangsungnya proses penyondiran, namun tahanan ini akan rusak/hilang pada proses pemancangan. Tanah jenis ini umumnya lanau atau pasir halus dengan sementasi lemah. Proses pemancangan akan merusak ikatan sementasi ini, sedangkan penetrasi CPT secara statis tidak dapat menembusnya, atau memberikan nilai  $q_c$  yang sangat tinggi.

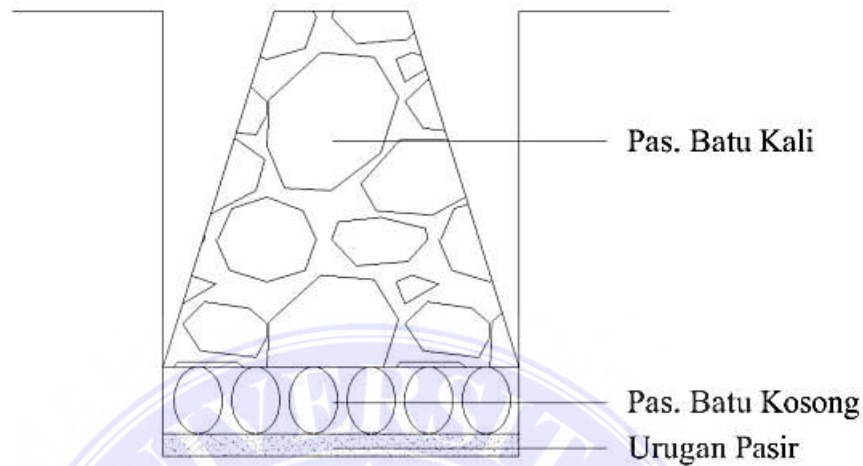
Yang harus diperhatikan ialah bila penetrasi CPT terhenti oleh stratum yang keras ( $q^{\wedge} > 250 \text{ kg/cm}^2$ ), hal ini akan berakibat fatal bila ternyata stratum ini hanyalah lapisan yang sangat tipis. Oleh karena itu dari CPT saja tidak dapat diketahui tebalnya lapisan keras ini. Untuk daerah yang belum dikenal karakteristik tanah dasarnya pemakaian CPT sebaiknya disertai dengan pengeboran untuk mendapatkan contoh tanahnya, dan terlebih baik lagi dengan melakukan SPT untuk mengetahui efek pemancangan terhadap tanah tersebut.

## 2.4 Pondasi Dangkal

### 2.4.1 Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali biasanya hanya dipakai untuk konstruksi yang tidak berat, seperti pagar, rumah tinggal sederhana yang tidak bertingkat. Pondasi batu kali biasanya ditempatkan menerus untuk pondasi dinding. Seluruh beban atap/ beban bangunan umumnya dipikul oleh kolom dan dinding, di teruskan ke tanah melalui pondasi menerus sepanjang dinding bangunan. Pondasi batu kali hanya mempertimbangkan berat beban yang bekerja tanpa mempertimbangkan beban

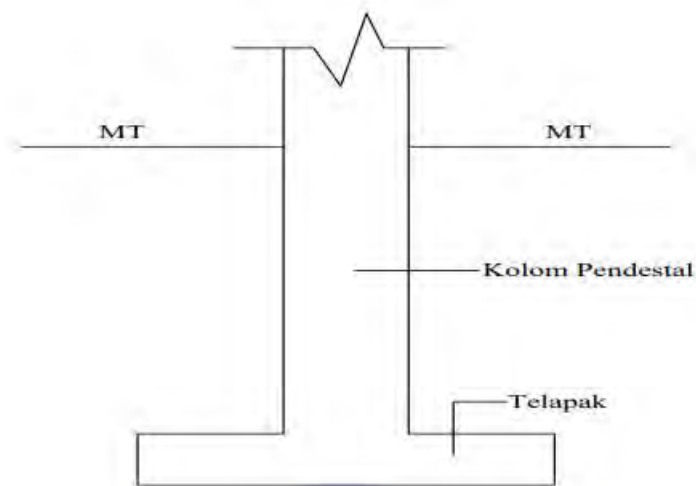
momen yang terjadi, yang oleh karena itu kurang tepat apabila dipakai pada konstruksi bangunan yang berat/bertingkat tinggi.



Gambar 6. Pondasi Batu Kali

#### 2.4.2 Pondasi Telapak

Pondasi telapak dibuat dari beton bertulang, dengan kedalaman tanah kuat mencapai 2,00 m dibawah permukaan tanah. Bentuk pondasi telapak dapat dilihat pada gambar 2.2. pondasi telapak harus dirancang untuk menahan beban terfaktor dan reaksi tanah diakibatkannya, sesuai dengan ketentuan perencanaan yang berlaku dalam tata cara ini dan seperti yang tercantum dalam pasal 17 (SNI 03-2847-2002).



Gambar 7. Pondasi Telapak

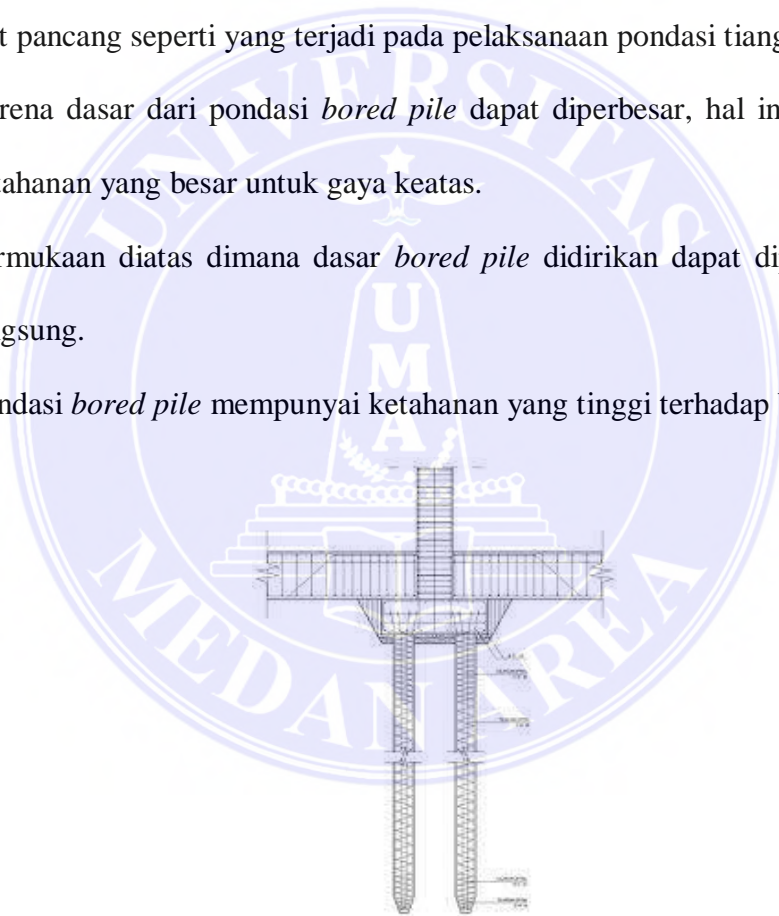
## 2.5 Pondasi Dalam

### 2.5.1 Pondasi *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hary Christady Hardiyatmo, 2010). *Bored pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan kemudian pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Beberapa alasan digunakannya pondasi *bored pile* dalam konstruksi :

1. *Bored pile* tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau *pile cap*
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan
3. *Bored pile* dapat didirikan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya

4. Getaran tanah ketika proses pemancangan dilakukan, akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada didekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi *bored pile* hal ini dapat dicegah.
5. Proses pemancangan pada pondasi tiang pancang di tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi *bored pile*.
6. Selama pelaksanaan pondasi *bored pile* tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
7. Karena dasar dari pondasi *bored pile* dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas.
8. Permukaan diatas dimana dasar *bored pile* didirikan dapat diperiksa secara langsung.
9. Pondasi *bored pile* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.



Gambar 8. Pondasi *Bored Pile* (Michael Thomlimson, 1977)

Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya *adhesi* antara *bored pile* dan tanah di sekelilingnya. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya

dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga untuk menghasilkan daya dukung yang akurat. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung *bored pile* yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Dasar tiang pada tanah yang keras atau batuan lunak, dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang. Beberapa jenis alat dan metode pengerjaan *bored pile* diantaranya adalah:

1. *Bored Pile Mini Crane*

Dengan alat *bored pile* mesin ini bisa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, hingga 80 cm. Metode *bored pile* menggunakan sistem *wet boring* (bor basah), dibutuhkan air yang cukup untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga sumber air harus diperhatikan jika menggunakan alat *bored pile* ini.

2. *Bored Pile Gawangan*

Alat *bored pile* ini memiliki sistem kerja yang mirip dengan *bored pile minicrane*, perbedaan hanya pada desain sasis dan tiang tempat *gearbox*, kemudian juga diperlukan tambang pada kanan dan kiri alat yang dikaitkan ke tempat lain agar menjaga keseimbangan alat selama pengeboran.

### 3. *Bored Pile Manual / Strauss Pile*

Alat *strauss pile* ini menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode *bored pile* kering (*dry boring*). Alat *bored pile* manual yang simpel, ringkas dan mudah dioperasikan serta tidak bising saat pengerjaan menjadikan cara ini banyak digunakan diberbagai proyek seperti perumahan, pabrik, gudang, pagar, dan lain-lain. Kekurangannya adalah terbatasnya ukuran diameter yakni hanya 20 cm, 25 cm, 30 cm dan 40 cm. Tentu saja karena ini berhubungan dengan tenaga penggeraknya yang hanya tenaga manusia. Jadi, cara ini kebanyakan digunakan untuk bangunan yang tidak begitu berat.

Ditinjau dari segi pelaksanaannya pondasi *bored pile* dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam sistem, yaitu : (Ir. Sardhojo HS, Pondasi Tiang Pancang Jilid II)

#### a) Sistem *Augering*

Selain *augernya* sendiri pada sistem ini, untuk kondisi lapangan pada tanah yang mudah longsor diperlukan *casing* atau *bentonite slurry* sebagai penahan longsor. Penggunaan *bentonite slurry* untuk kondisi lapisan tanah yang *permeability*-nya besar tidak disarankan, karena akan membuat *bentonite slurry* menjadi banyak dan mengakibatkan terjadinya rembesan melalui lapangan *permeable* tersebut.

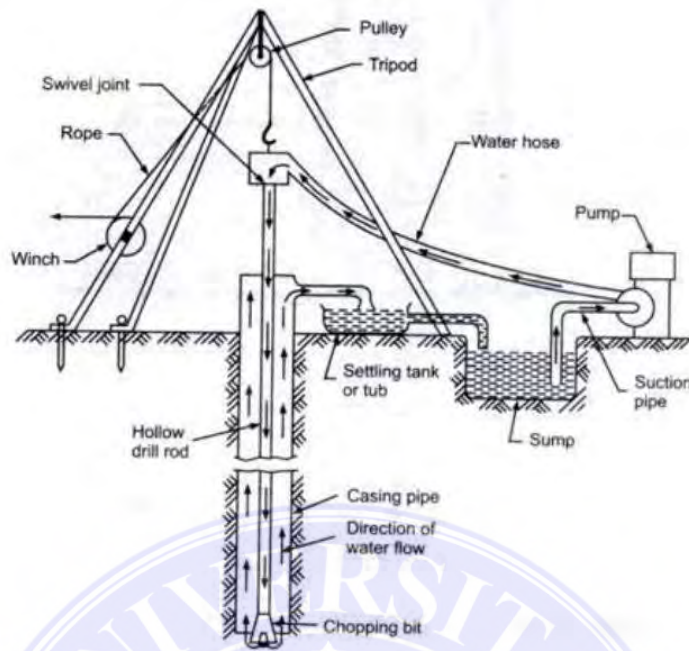
#### b) Sistem *Grabbing*

Penggunaan sistem ini diperlukan *casing* (*continuous semiroatary motion casing*) sebagai penahan kelongsoran. *Casing* tersebut di masukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan sambil di putar. Sistem ini sebenarnya cocok untuk

semua kondisi tanah, tetapi yang paling sesuai adalah kondisi tanah yang sulit ditembus.

c) *Sistem Wash Boring*

Pada metode ini sebuah lubang bor dilakukan dengan gerakan memukul dan memutar (*chopping and twisting*) dari mata bor dengan menyemprotkan air dari bawah mata bor. Menggunakan mesin bor *rotary*, tanah dikorek dan dibilas dari dasar lubang bor dengan sirkulasi air. Kelebihan dan kekurangan dari pengeboran bilas adalah tidak dapat mengidentifikasi tanah, kurang sesuai untuk pemboran batuan, dapat digunakan pada semua jenis tanah, sangat cocok untuk tanah lunak, gangguan terhadap struktur tanah sangat minimal. Metode *wash boring* tidak direkomendasikan untuk penyelidikan geoteknik. Sistem ini diperlukan *casing* sebagai penahan kelongsoran dan juga pompa air untuk sirkulasi airnya yang dipakai untuk pengeboran. Sistem ini cocok untuk kondisi tanah pasir lepas. Jenis *bored pile* ini perlu diberikan tambahan tulangan praktis untuk penahan gaya lateral yang terjadi. Penulangan minimum 2% dari luas penampang tiang.



Gambar 9. Pengeboran *Wash Boring* (Petunjuk Penyelidikan Tanah Bina Marga)  
Prinsip-prinsip pelaksanaan tiang bor pada tanah yang tidak mudah longsor adalah sebagai berikut:

- a. Tanah digali dengan mesin bor sampai kedalaman yang dikehendaki.
- b. Dasar lubang bor dibersihkan.
- c. Tulangan yang telah dirakit dimasukkan kedalam lubang bor.
- d. Lubang yang telah dimasukkan tulangan tiang dicor.

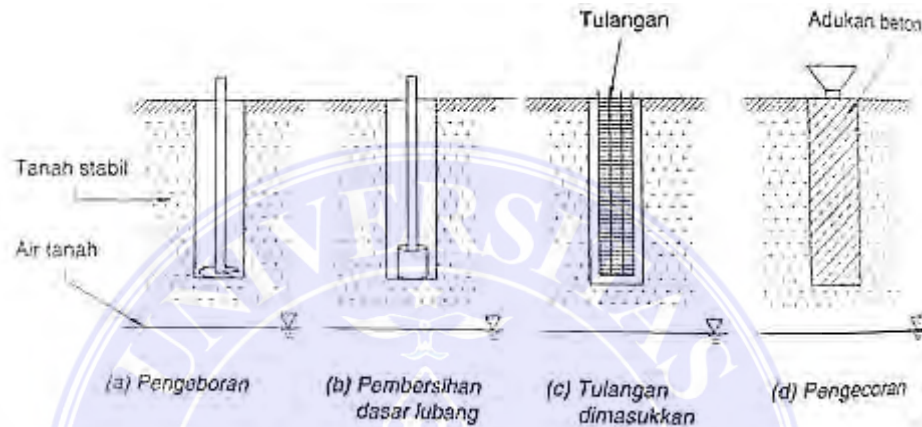
Dalam proses pembuatan lubang untuk pondasi tiang *bored pile* terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan, antara lain:

#### 1. Metode kering

Metode kering cocok digunakan pada tanah di atas muka air tanah yang ketika dibor dinding lubangnya tidak longsor, seperti lempung kaku *homogeny*. Tanah pasir yang mempunyai sedikit kohesi juga lubangnya tidak mudah longsor jika dibor. Metode kering ini juga dapat dilakukan pada tanah-tanah di bawah muka air tanah, jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika



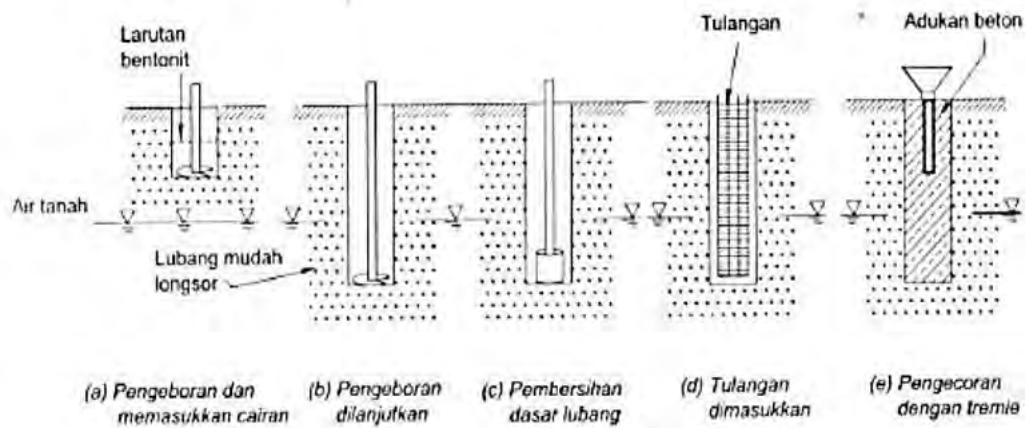
dilakukan pengeboran, air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka. Pada metode kering, lubang dibuat dengan menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung (*casing*). Setelah itu, dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan. Tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian di cor.



Gambar 10. Pengeboran *Bored Pile* dengan Metode Kering (Hary Christady Hardiyatmo, 1996)

## 2. Metode basah

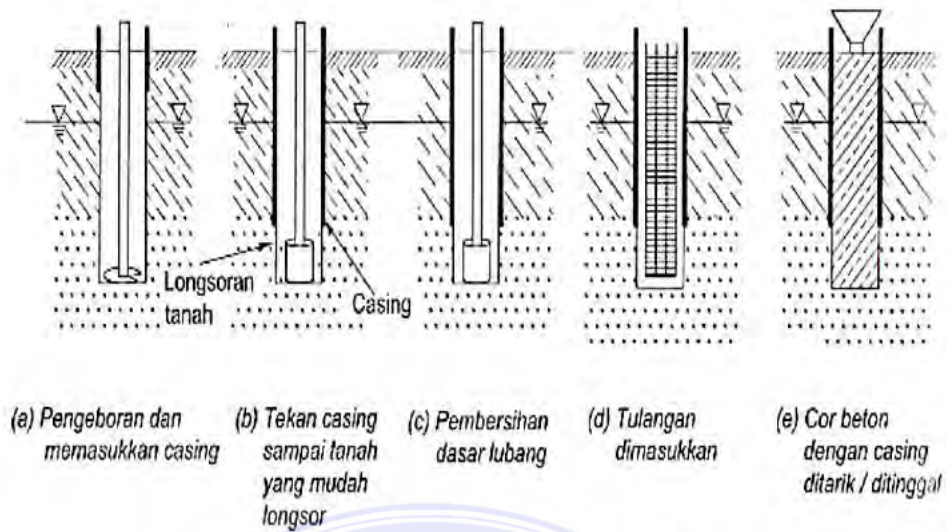
Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor, didalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung/*bentonite* atau larutan polimer. Jadi, pengeboran dilakukan di dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite*. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa *tremie*. Larutan *bentonite* akan terdesak dan terangkat ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.



Gambar 11. Pengeboran *Bored Pile* dengan Metode Basah (Hary Christady Hardiyatmo, 1996)

### 3. Metode *Casing*

Metode ini digunakan bila lubang bor sangat mudah longsor, misalnya tanah di lokasi adalah pasir bersih di bawah muka air tanah. Untuk menahan agar lubang tidak longsor digunakan pipa selubung baja (*casing*). Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan pipa baja sampai kedalaman yang ditentukan. Sebelum sampai menembus muka air tanah, pipa selubung dimasukkan. Tanah di dalam pipa selubung dikeluarkan saat penggalian atau setelah pipa selubung sampai kedalaman yang diinginkan. Larutan *bentonite* yang terkadang digunakan untuk menahan longsornya dinding lubang, bila penggalian sampai di bawah muka air tanah. Setelah pipa selubung sampai pada kedalaman yang diinginkan, lubang bor lalu dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang (bila pembuatan lubang digunakan larutan, maka untuk pengecoran digunakan pipa *tremie*), dan pipa selubung ditarik ke atas, namun kadang-kadang pipa selubung ditinggalkan di tempat (Hardiyatmo, 2015).



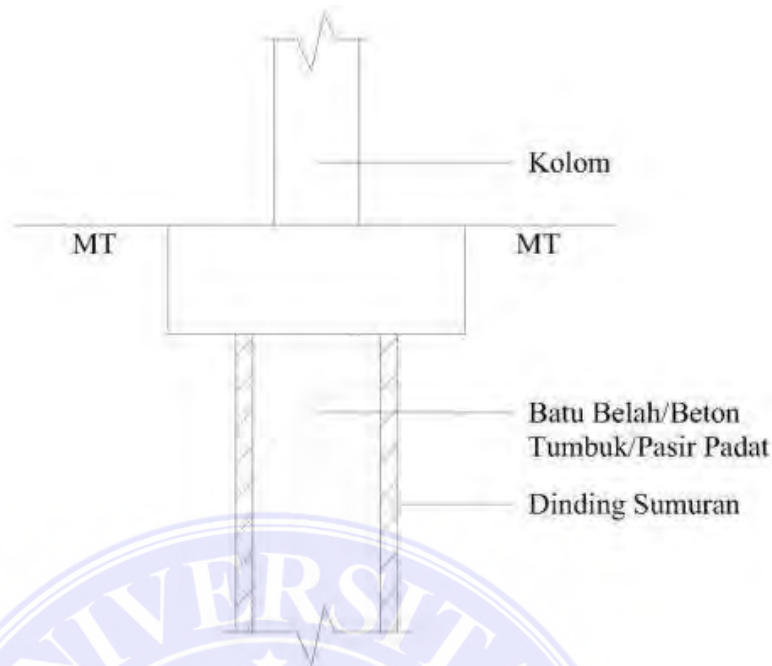
Gambar 12. Pengeboran *Bored Pile* dengan Metode *Casing* (Hary Christady Hardiyatmo, 1996)

### 2.5.2 Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk pondasi yang dapat dikatakan sebagai peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi dalam (pondasi tiang). Pondasi sumuran digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam. Pondasi sumuran merupakan jenis pondasi dalam yang dibuat ditempat dengan menggunakan komponen beton dan batu belah sebagai pengisinya. Pada umumnya pondasi sumuran ini dibuat dari beton bertulang atau beton pracetak. Pondasi sumuran juga disebut dengan *caisson* (Prancis) atau *well foundation* (Inggris, Amerika), banyak digunakan apabila  $4 < DF/B < 10$  dengan DF adalah kedalaman pondasi, dan B adalah lebar atau diameter pondasi (K. Basah, S, 1994).



Gambar 13. Bentuk Pondasi Sumuran (Bowles, 1991)



Gambar 14. Potongan Pondasi Sumuran (Ir. Gunawan, 1991)

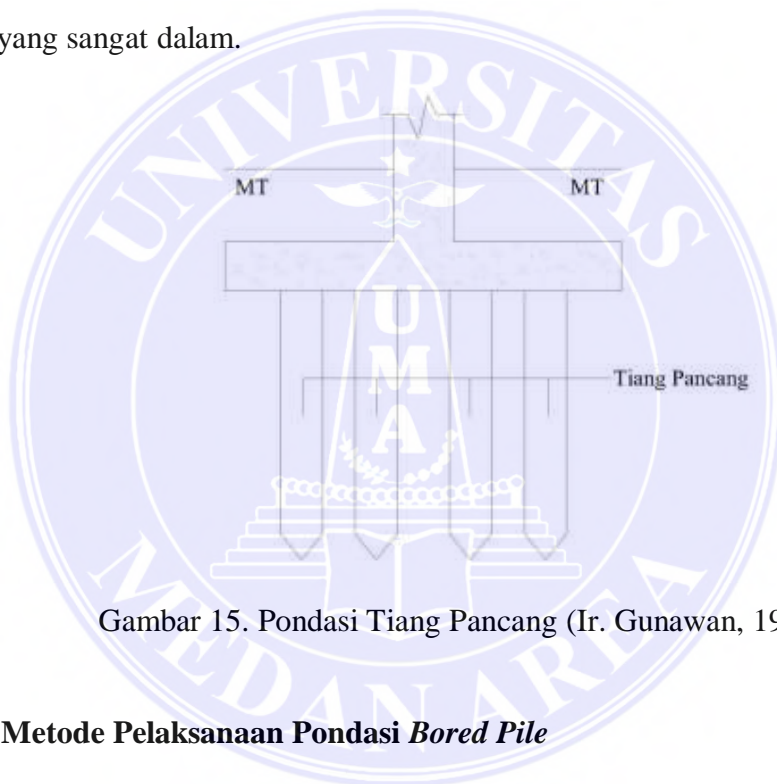
### 2.5.3 Pondasi Tiang Pancang

Penggunaan pondasi tiang pancang didasarkan pada perhitungan adanya beban yang besar akan diterima pondasi sehingga penggunaan pondasi langsung tidak efektif lagi, dan juga berdasarkan pada jenis tanah pada lokasi pondasi akan dibangun kondisi relatif lunak sehingga penggunaan pondasi langsung tidak ekonomis. Bila dilihat dari segi pembuatannya, pondasi tiang pancang mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan pondasi lain. Adapun keuntungannya adalah sebagai berikut:

1. Biaya pembuatan kemungkinan bisa besar, akan tetapi dapat lebih murah bila dikonversikan dengan kekuatan yang dapat dihasilkan.
2. Pelaksanaan lebih mudah
3. Peralatan yang didapat mudah didapat

4. Para pekerja di Indonesia sudah cukup terampil untuk melaksanakan bangunan yang mempergunakan pondasi tiang pancang.
5. Waktu pelaksanaannya relatif lebih cepat

Secara umum pemakaian pondasi tiang pancang dipergunakan apabila tanah dasar di bawah bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan, dan juga letak tanah keras yang memiliki daya dukung yang cukup untuk memikul berat dari beban bangunan terletak pada posisi yang sangat dalam.



Gambar 15. Pondasi Tiang Pancang (Ir. Gunawan, 1991)

## 2.6 Metode Pelaksanaan Pondasi *Bored Pile*

Pondasi *bored pile* dilakukan dengan cara mengebor tanah dengan diameter tertentu hingga mencapai kedalaman tanah keras yang telah ditentukan setelah pengujian tanah *Strandart Penetration Test* (SPT) atau penyelidikan tanah sondir. Adapun metode pelaksanaan pengerjaan *bored pile* adalah sebagai berikut:

### 1. Persiapan Lokasi Pekerjaan (*Site Preparation*)

Persiapan Lokasi Pekerjaan (*Site Preparation*) dilakukan dengan membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-

bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.

2. Rute / Alur Pengeboran

Merencanakan alur / urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, *Excavator*, *Crane* dan *Truck Mixer* dapat termobilisasi tanpa halangan.

3. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat *bored pile* dengan bantuan alat *Theodolite*.

4. Pemasangan *Stand Pipe/casing*

Setelah mencapai suatu kedalaman yang mencukupi untuk menghindari tanah ditepi lubang berguguran maka perlu di pasang casing, yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter dalam kurang lebih sama dengan diameter lubang bor. *Stand pipe/casing* dipasang dengan ketentuan bahwa pusat dari *stand pipe* harus berada pada titik as pondasi yang telah disurvei. Pemasangan *stand pipe* dilakukan dengan bantuan *Excavator (Back Hoe)*. Meskipun mesin bornya berbeda, tetapi pada prinsipnya cara pemasangan *casing* sama diangkat dan dimasukkan pada lubang bor. Tentu saja kedalaman lubang belum sampai bawah secukupnya. Kalau menunggu sampai ke bawah, maka tanah akan berguguran semua, lubang tertutup lagi. Jadi, pemasangan *casing* penting.

5. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran. Ukuran kolam air 3 m x 3 m x

2,5 m dan drainase/parit penghubung dari kolam ke *stand pipe* berukuran 1,2 m, kedalaman 0,7 m (tergantung kondisi). Jarak kolam air tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali ke dalam lubang pengeboran. Lumpur hasil pengeboran yang mengendap di dalam kolam diambil (dibersihkan) dengan bantuan *Excavator*.

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

Setelah *stand pipe* terpasang, mata bor sesuai dengan diameter yang ditentukan dimasukkan terlebih dahulu ke dalam *stand pipe*, kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar di bagian mesin RCD (*Rotary CircleDumper*), kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat/as *stand pipe* (titik pondasi).
- b. Posisi mesin RCD harus tegak lurus terhadap lubang yang akan dibor (yang sudah terpasang *stand pipe*), hal ini dapat dicek dengan alat *waterpass*.
- c. Proses Pengeboran (*Drilling Work*)

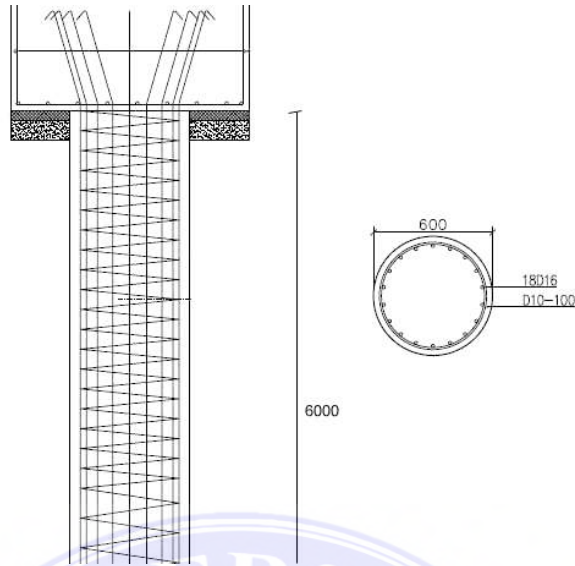
Proses pengeboran dilakukan dengan memutar mata bor ke arah kanan, dan sesekali diputar ke arah kiri untuk memastikan bahwa lubang pengeboran benar-benar mulus, sekaligus untuk menghancurkan tanah hasil pengeboran supaya larut dalam air agar lebih mudah dihisap. Proses pengeboran dilakukan secara bersamaan dengan proses penghisapan lumpur hasil pengeboran, oleh karena itu air yang ditampung pada kolam

air harus dapat memenuhi sirkulasi air yang diperlukan untuk pengeboran. Setiap kedalaman pengeboran  $\pm 3$  meter, dilakukan penyambungan stang bor sampai kedalaman yang diinginkan tercapai. Jika kedalaman yang diinginkan hampir tercapai ( $\pm 1$  meter lagi), maka proses penghisapan dihentikan (mesin pompa hisap tidak diaktifkan), sementara proses pengeboran terus dilakukan sampai kedalaman yang diinginkan (dapat diperkirakan dari stang bor yang sudah masuk), selanjutnya stang bor dinaikkan sekitar 0,5-1 meter, lalu proses penghisapan dilakukan terus sampai air yang keluar dari selang buang kelihatan lebih bersih ( $\pm 15$  menit).

d. Instalasi Tulangan dan Pipa *Tremie*

Tulangan yang digunakan sudah harus tersedia lebih dahulu sebelum pengeboran dilakukan, sehingga begitu proses pengeboran selesai, langsung dilakukan instalasi tulangan, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kelongsoran dinding lubang yang sudah selesai dibor. Tulangan harus dirakit rapi dan ikatan tulangan spiral dengan tulangan utama harus benar-benar kuat sehingga pada waktu pengangkatan tulangan oleh *crane* tidak terjadi kerusakan pada tulangan (ikatan lepas dan sebagainya).



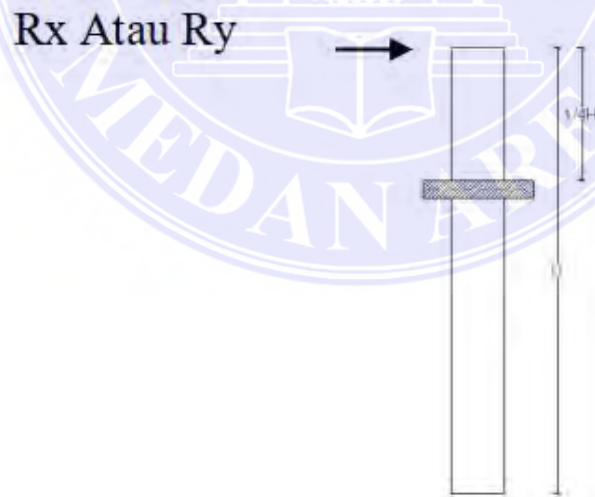


Gambar 16. Tulangan *Bored Pile* (Michael Thomlinson, 1977)

e. Penulangan *Bored Pile*

*Bored pile* dianggap sebagai balok konsol yang terjepit sepanjang  $1/4H$ .

Beban *bored pile* diambil dari reaksi perletakan dari SAP Rx atau Ry dipilih yang terbesar. Untuk Dmax diambil dari Rx atau Ry dipilih yang terbesar.



Gambar 17. Gaya pada tiang *bored pile* (Ir. Sardjono, H.S, 1988)

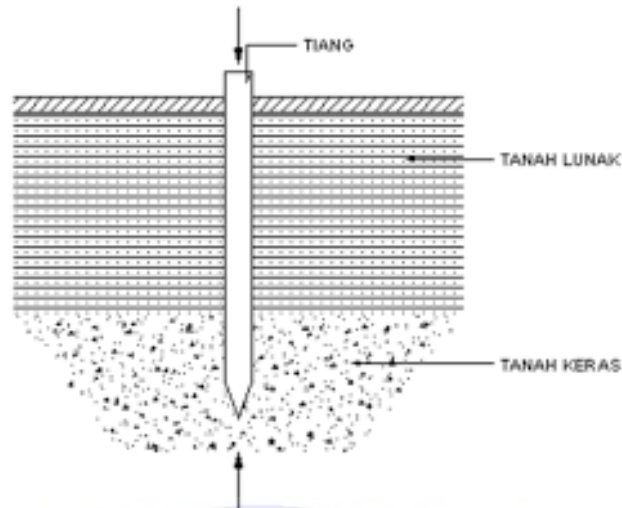
f. Pengecoran dengan *Ready Mix Concrete*

Proses pengecoran harus segera dilakukan setelah tulangan dan pipa *tremie* selesai, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu, pemesanan *ready mix concrete* harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran.

## 2.7 Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*

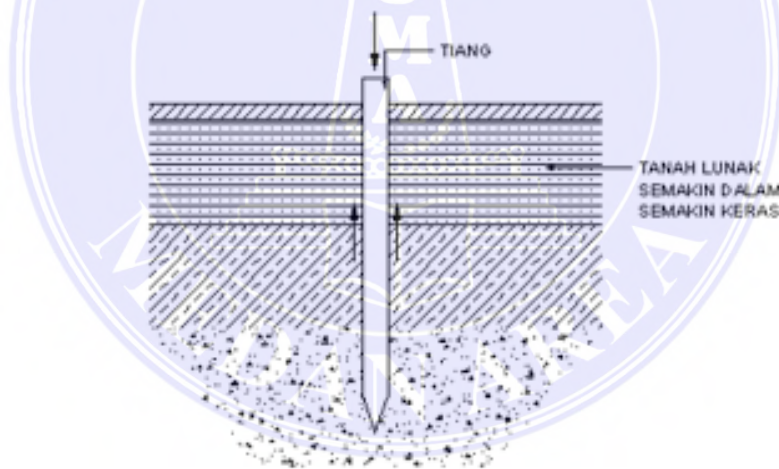
Kapasitas dukung ijin pondasi tiang untuk beban aksial  $Q_a$  atau  $Q_{all}$  diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit  $Q_u$  atau  $Q_{ult}$  dengan suatu faktor keamanan (SF) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan menerapkan faktor keamanan pada daya dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo; 2002), yaitu:

1. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang. Berikut dibawah ini gambaran tahanan ujung tiang.



Gambar 18. Tiang Dukung Ujung (Hardiyatmo, 2010)

2. Tiang dukung gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan lapisan tanah yang disekitarnya.



Gambar 19. Tiang Dukung Gesek

### 2.7.1 Kapasitas Daya Dukung Berdasarkan Hasil Uji Sondir

Perhitungan daya dukung *bored pile* berdasarkan data hasil uji sondir dapat dihitung dengan menggunakan metode Meyerhoff. Daya dukung ultimit pondasi dengan rumus:

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K)$$

dimana:

$Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal.

$q_c$  = Tahanan ujung sondir.

$A_p$  = Luas penampang tiang.

$JHL$  = Jumlah hambatan lekat.

$K$  = Keliling tiang.

Daya dukung ijin pondasi *bored pile* dengan menggunakan rumus:

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times k}{5}$$

dimana :

$Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung ijin pondasi

$q_c$  = Tahanan ujung sondir.

$A_p$  = Luas penampang tiang.

$JHL$  = Jumlah hambatan lekat.

$K$  = Keliling tiang.

### 2.7.2 Daya Dukung Berdasarkan Mayerhoff

Didalam perencanaan pondasi pancang, data tanah sangatlah diperlukan dalam merencanakan kapasitas dukung (*bearing capacity*) dari pondasi pancang sebelum dilakukan pembangunan dimulai. Kapasitas dukung ultimit dilakukan secara langsung setiap lapisan tiap kedalaman dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times \text{keliling})$$

Kapasitas dukung ijin tiang (ton)

$$Q_{all} = (q_c \times A_p / 3) + (JHL \times k/5)$$

Dimana :

$Q_{ult}$  = Daya dukung ultimit (kg)

$q_c$  = Tahanan konus pada ujung tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

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

$JHL$  = tahanan geser total sepanjang tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$K$  = keliling tiang (cm)

## 1. Kapasitas Ijin tiang

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

- a. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
- b. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- c. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- e. Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan. Sehubungan dengan butir (4) dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 Tomlinson, 1977 (dalam Hardiyatmo, 2011). Besarnya beban kerja (*working load*) atau kapasitas dukung tiang ijin ( $Q_a$ ) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan

adalah nilai kapasitas ultimit ( $Q_u$ ) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan tiang pancang :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5}$$

dengan,

$Q_a$  = kapasitas dukung tiang ijin

$Q_u$  = kapasitas ultimit

5,2 = Nilai faktor aman yang disarankan Tomlinson, (1977).

## 2.8 Penurunan Pondasi Tiang *Bored Pile*

Perkiraan penurunan (*settlement*) pada pondasi tiang merupakan masalah yang kompleks karena beberapa hal berikut:

1. Adanya gangguan pada kondisi tegangan tanah saat pemancangan.
2. Ketidakpastian mengenai distribusi dari posisi pengalihan beban (*load transfer*) dari tiang ke tanah.

Peralihan (*displacement*) yang diperlukan untuk memobilisasi gesekan selimut adalah kecil (tidak lebih dari 5 mm), tidak tergantung pada jenis tanah, jenis tiang maupun ukuran tiang. Tetapi (Vesic, 1977) menemukan peralihan ini dapat mencapai 10 mm. Peralihan yang diperlukan untuk memobilisasi perlawanan ujung sebaliknya lebih besar dan tergantung jenis tanah, jenis tiang, serta ukuran tanah. Karena itu gesekan selimut tiang akan dimobilisasi lebih awal mendahului perlawanan ujung tiang. Pada saat pondasi tiang *bored pile* dibebani, tiang akan

mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan (Hardiyatmo, 2010). Beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja di atas tanah antara lain :

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.
2. Kerusakan atau terjadinya defleksi yang besar pada pondasi,
3. Distorsi geser (*shear distortion*) dari tanah pendukungnya,
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

Berdasarkan hal – hal tersebut, maka perlu dilakukan pencegahan terhadap penurunan pondasi yang berlebihan dengan melakukan perhitungan penurunan pondasi agar tidak terjadi kegagalan struktur bangunan. Penurunan pondasi tiang tunggal dapat dihitung dengan metode Vesic dengan persamaan rumus dibawah ini :

$$S = \frac{d}{100} + \frac{Q \cdot L}{Ab \cdot Eb}$$

dimana :

S : penurunan total di kepala tiang (m)

d : diameter tiang (m)

Q: beban yang bekerja (ton)

Ab : luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

L : panjang tiang (m)

Eb : modulus elastis tiang

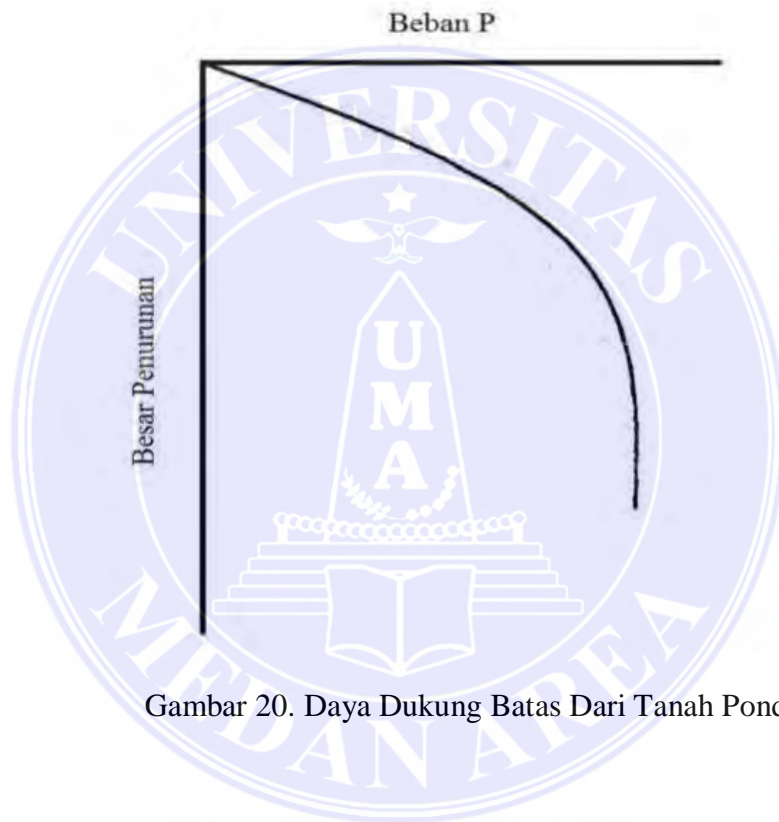
Besar penurunan tiang tunggal tidak boleh melebihi besar penurunan tiang yang di ijin.

$$S_{total} \leq S_{ijin}$$

$$S_{ijin} = 10 \% \times d$$

## 2.9 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya *failure*. Sedangkan failure pada tanah adalah penurunan (*settlement*) yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah. (Bowles J.E, 1993 dalam Diglib Unila, 11/2011).



Gambar 20. Daya Dukung Batas Dari Tanah Pondasi

Gambar diatas menunjukkan bahwa apabila beban bekerja pada tanah pondasi dinaikkan maka penurunan akan meningkat dengan cepat setelah gaya telah mencapai gaya tertentu dan kemudian penurunan akan terus berlanjut, meskipun beban tidak ditambah lagi.

Pengelompokan tanah berdasarkan sifat lekatnya :

1. Tanah kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya (tanah lempung = mengandung lempung cukup banyak).



2. Tanah non kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya (hampir tidak mengandung lempung misalnya pasir).
3. Tanah organik adalah tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan organik (sifat tidak baik).

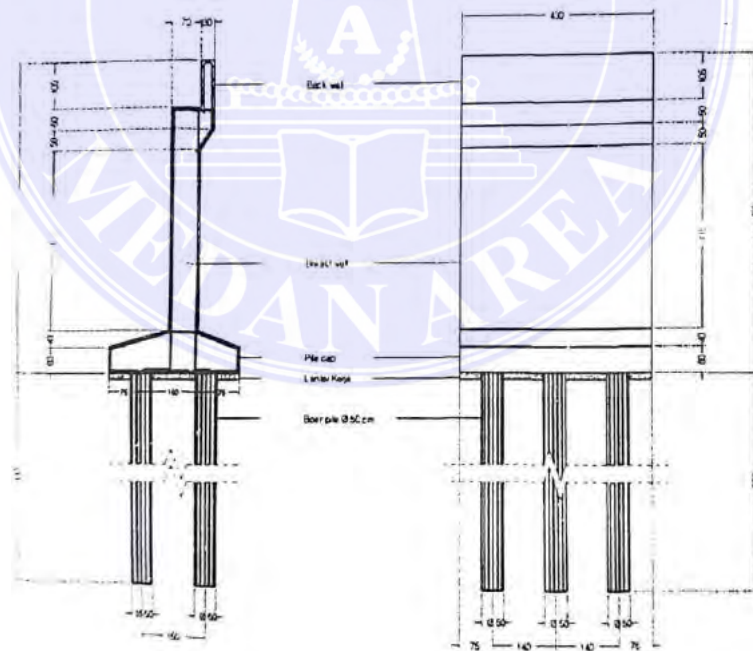


## BAB III METODE PENELITIAN

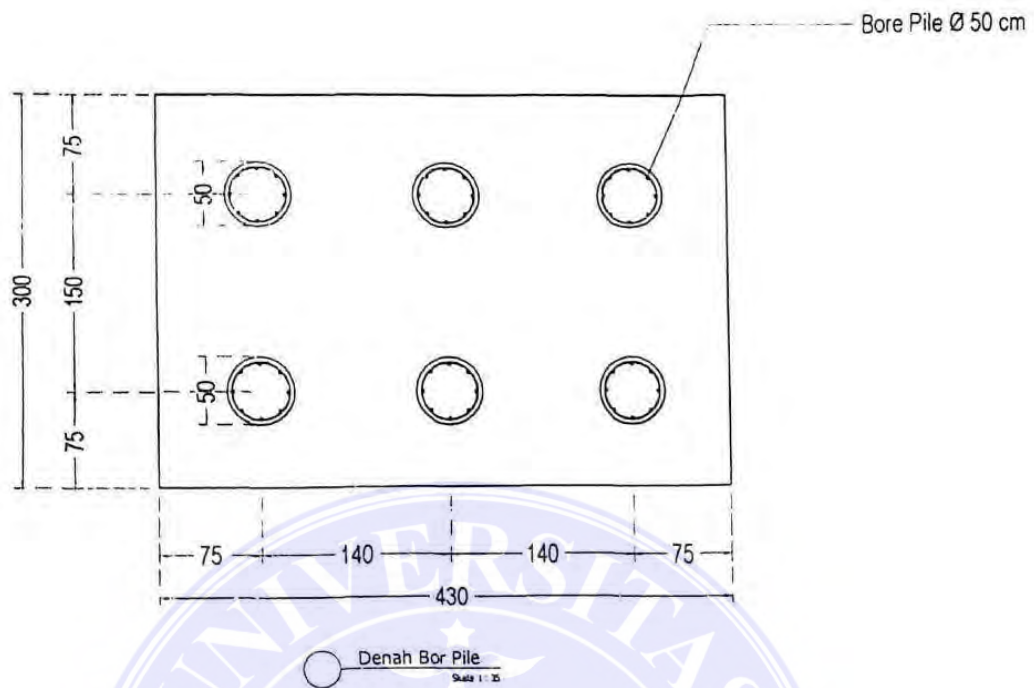
### 3.1. Deskripsi Penelitian

Perencanaan pondasi *bored pile* pada proyek pembangunan jembatan Aek Pea Rihit dilakukan dengan menghitung besar kapasitas daya dukung tiang ultimate *bored pile* dan kapasitas daya ukung ijinnya dengan menggunakan metode Meyerhoff serta memperhitungkan besar penurunan yang mungkin terjadi dengan menggunakan metode Vesic. Data teknis yang diperoleh dari pihak kontraktor adalah sebagai berikut:

1. Bentuk *bored pile* : Bulat ( $\varnothing$  0,5m)
2. Panjang *bored pile* : 9 m
3. Titik Sondir : Abutment 1 pada titik S-1



Gambar 21. Detail Pondasi Jembatan (Gambar Bestek)



Gambar 22. Denah *Bored Pile* (Gambar Bestek)

### 3.2 Sumber Data

Adapun sumber data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Data Primer

Data yang diperoleh langsung dari Lapangan untuk dijadikan data dasar maupun dapat pula dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan.

#### 2. Data Sekunder

Data yang diperoleh penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek seperti deskripsi bangunan, desain bangunan, dan data-data lainnya.

### 3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian adalah Pembangunan Jembatan Aek Pea Rihit yang terletak di desa Sihujur, Kec. Tarutung, Sumatera Utara. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 23. Lokasi Jembatan Aek Pea Rihit ([www.googleearth.com](http://www.googleearth.com))

### 3.3 Metode Pengumpulan data

Adapun pengumpulan data yang dilakukan dengan cara-cata sebagai berikut:

1. Metode Observasi

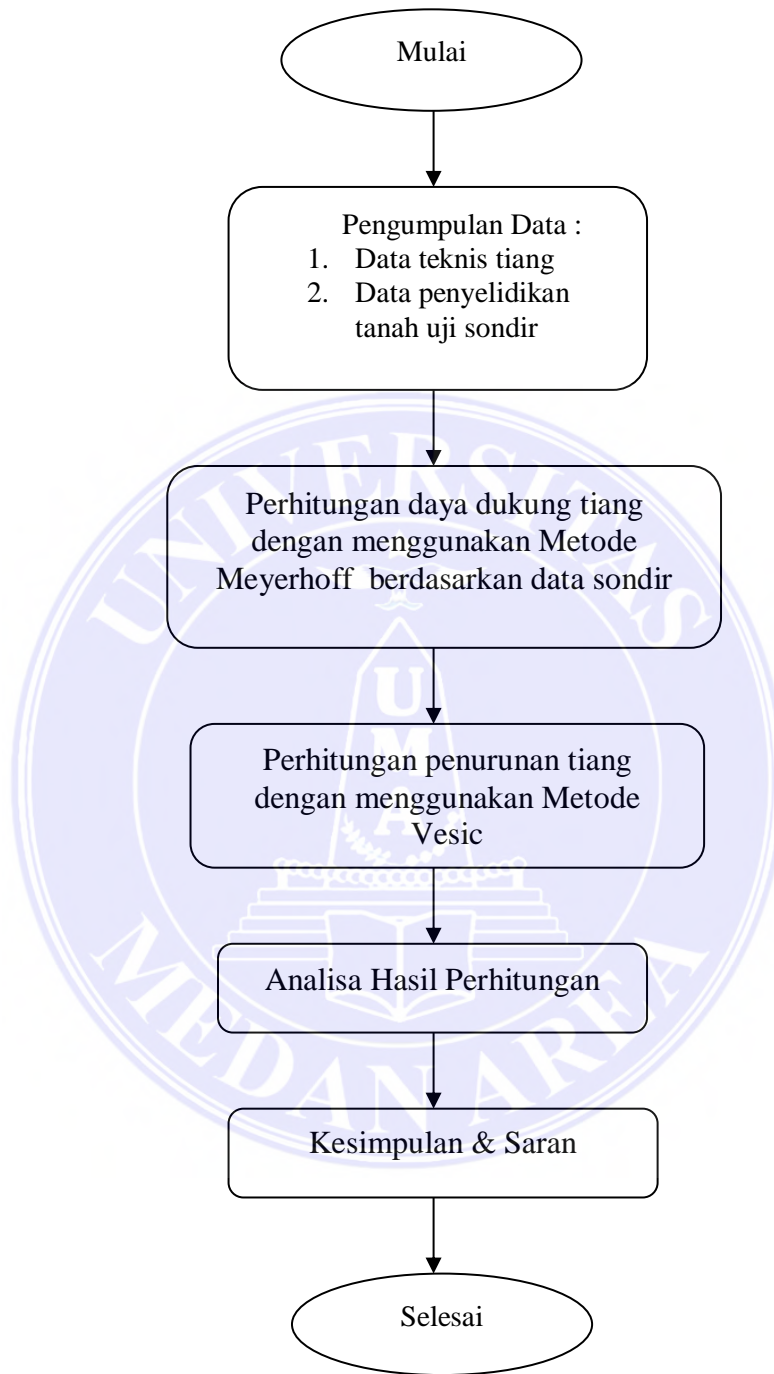
Data teknis proyek pembangunan jembatan Aek Pea Rihit di peroleh dari Pemerintah Kabupaten Tapanuli Utara Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang.

2. Pengambilan Data

Pengambilan data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- a. Gambar Pondasi *Bored pile*
- b. Data penyelidikan tanah sondir.

### 3.4 Kerangka Berpikir



Gambar 24. Bagan Alir Penelitian

## **BAB V** **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Kapasitas daya dukung pondasi tiang *bored pile* pada Abutmen 1 titik S-1 dengan letak tanah keras berada pada kedalaman 3.80 m menggunakan perhitungan metode Meyerhoff adalah sebesar 426.86 ton dengan besar daya dukung ijin adalah sebesar 138.52 ton.
2. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal sebesar 0.02 m dengan penurunan tiang yang diijinkan adalah sebesar 0.05 m. Dari hasil perhitungan penurunan tersebut penurunan tiang tunggal lebih kecil dari penurunan ijin sehingga dapat disimpulkan penurunan tersebut aman dan memenuhi syarat.

### **5.2 Saran**

1. Untuk mendapatkan analisis yang akurat, data yang dimiliki harus benar-benar valid dan lengkap sehingga dalam perhitungan tidak terjadi kesalahan.
2. Sebaiknya mencoba perhitungan dengan metode-metode yang lainnya supaya mendapat hasil perhitungan yang lebih akurat.
3. Teliti dalam mengolah data dan pembacaan hasil pengujian karena dapat mempengaruhi perhitungan

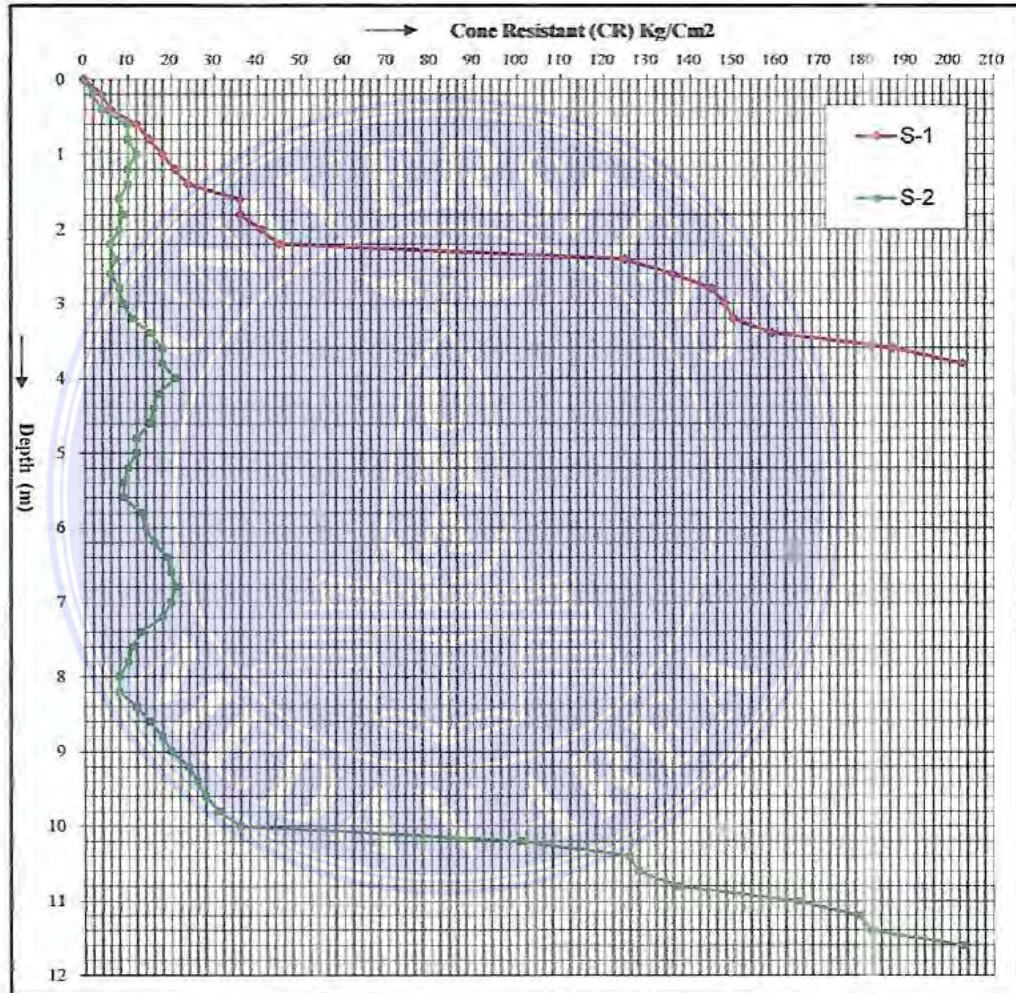
## DAFTAR PUSTAKA

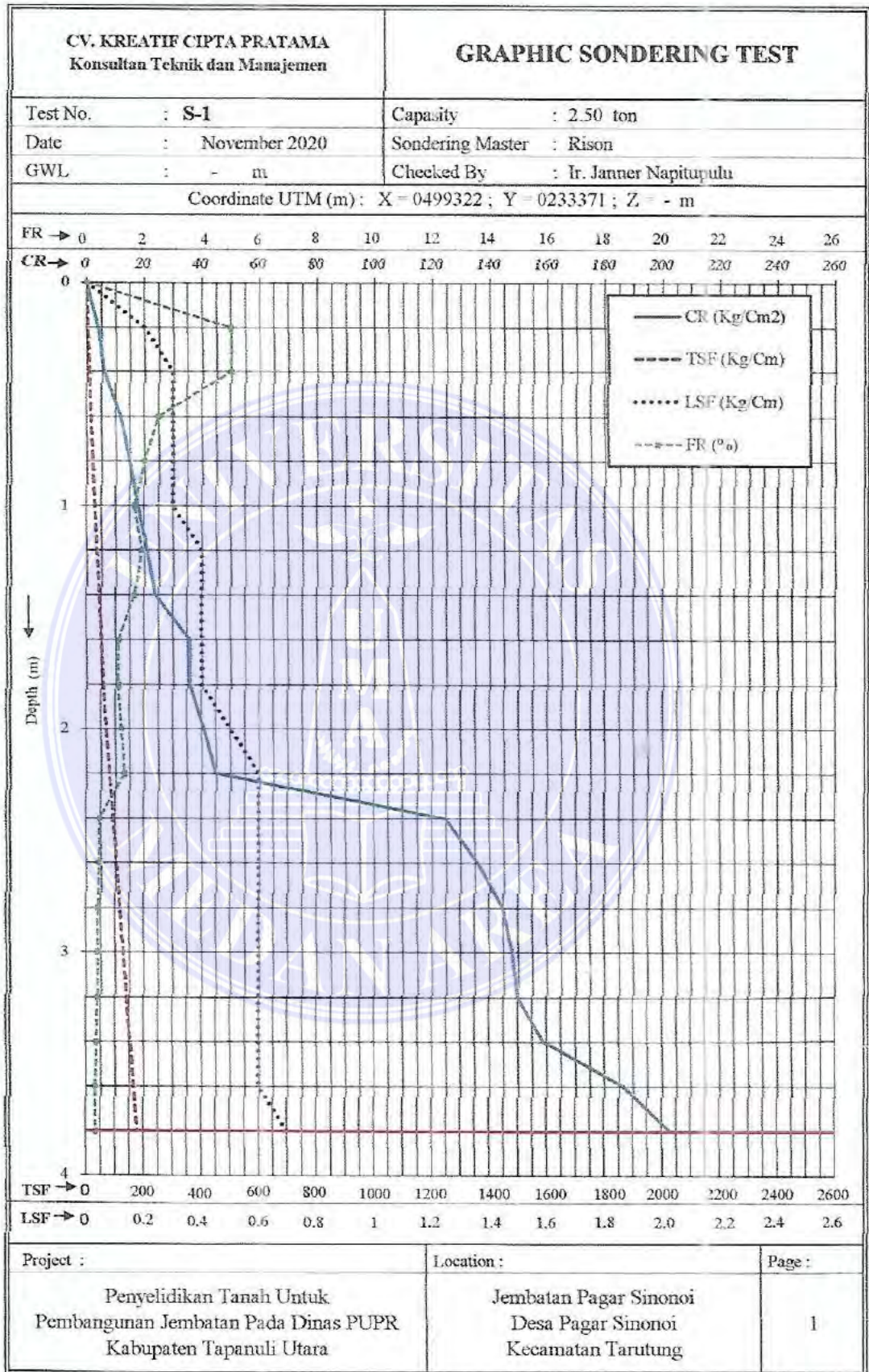
- Basah, K. Suryolelono, 1994, *Teknik Fondasi Bagian II*, Nafiri, Yogyakarta.
- Bowles, J.E., 1999, *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Fauzih, Reza Afrizona, 2019, *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Pondasi Jembatan Kali Kenteng dan Kali Serang Segmen Susukan di Ruas Jalan Tol Salatuga-Kartasura, PT. Waskita Karya (Persero), Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gunawan, Ir., 1991, *Pengantar Teknik Pondasi*, Kanisius, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 1996, *Teknik Pondasi Jilid I*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2010, *Analisis dan Perancangan Pondasi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Nakazawa, Kazuto., 2000, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Rodji, Achmad Pahrul, 2022, *Analisis Pondasi Bored Pile Pada Proyek Metrostater Depok Jawa Barat*, UNKRIS, Bekasi.
- Sardjono H.S, Ir., 1988, *Pondasi Tiang Pancang Jilid II*, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Tomlimson, Michael., 1977. *Pile Design and Construction Practice* Penerbit Cernent and Concrète Association, London.
- Wahyuddin, Muhammad, 2019, *Analisis dan Perencanaan Pondasi Tiang Bored Pile pada Jembatan Jalur Ganda Kereta Api Bekri Kabupaten Lampung Tengah*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

# LAMPIRAN









CV. KREATIF CIPTA PRATAMA Konsultan Teknik dan Manajemen				SONDERING TEST (DUTCH CONE PENETRATION TEST)			
Test No : S-1				Capacity : 2.50 ton			
Date : November 2020				Sondering Master : Rison			
GWL : - m				Checked By : Ir. Janner Napitupulu			
Coordinate UTM (m) : X = 0499322 ; Y = 0233371 ; Z = - m							
Depth (m)	Cone Resistant (CR) Kg/Cm <sup>2</sup>	Total Resistant (TR) Kg/Cm <sup>2</sup>	Skin Friction (SF) Kg/Cm <sup>2</sup>	Skin Friction x 20/10 Kg/Cm	Total Skin Friction (TSF) Kg/Cm	Local Skin Friction (LSF) Kg/Cm	Friction Ratio (FR) %
0.00	0	0	0	0	0	0.00	0.00
0.20	4	6	2	4	4	0.20	5.00
0.40	6	9	3	6	10	0.30	5.00
0.60	12	15	3	6	16	0.30	2.50
0.80	15	18	3	6	22	0.30	2.00
1.00	18	21	3	6	28	0.30	1.67
1.20	21	25	4	8	36	0.40	1.90
1.40	24	28	4	8	44	0.40	1.67
1.60	36	40	4	8	52	0.40	1.11
1.80	36	40	4	8	60	0.40	1.11
2.00	41	46	5	10	70	0.50	1.22
2.20	45	51	6	12	82	0.60	1.33
2.40	125	131	6	12	94	0.60	0.48
2.60	136	142	6	12	106	0.60	0.44
2.80	145	151	6	12	118	0.60	0.41
3.00	148	154	6	12	130	0.60	0.41
3.20	150	156	6	12	142	0.60	0.40
3.40	159	165	6	12	154	0.60	0.38
3.60	187	193	6	12	166	0.60	0.32
3.80	203	210	7	14	180	0.70	0.34
4.00							
4.20							
4.40							
4.60							
4.80							
5.00							
5.20							
5.40							
5.60							
5.80							
6.00							
6.20							
6.40							
6.60							
Project : Penyelidikan Tanah Untuk Pembangunan Jembatan Pada Dinas PUPR Kabupaten Tapanuli Utara				Location : Jembatan Pagar Sinonoi Desa Pagar Sinonoi Kecamatan Tarutung			Page : 2

PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG  
Jl. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

GAMBAR RENCANA

PEMBANGUNAN JEMBATAN AER PEKA RIHIT

KEGIATAN :

PERENCANAAN TEKNIS PEMBANGUNAN JEMBATAN WILAYAH - I :  
KEC. TARUTUNG, KEC. SIATAS BARITA, KEC. ADIAN KOTING

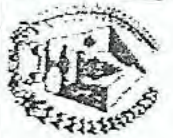
KONSULTAN PERENCANA

CV. KREASI PERSADA

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

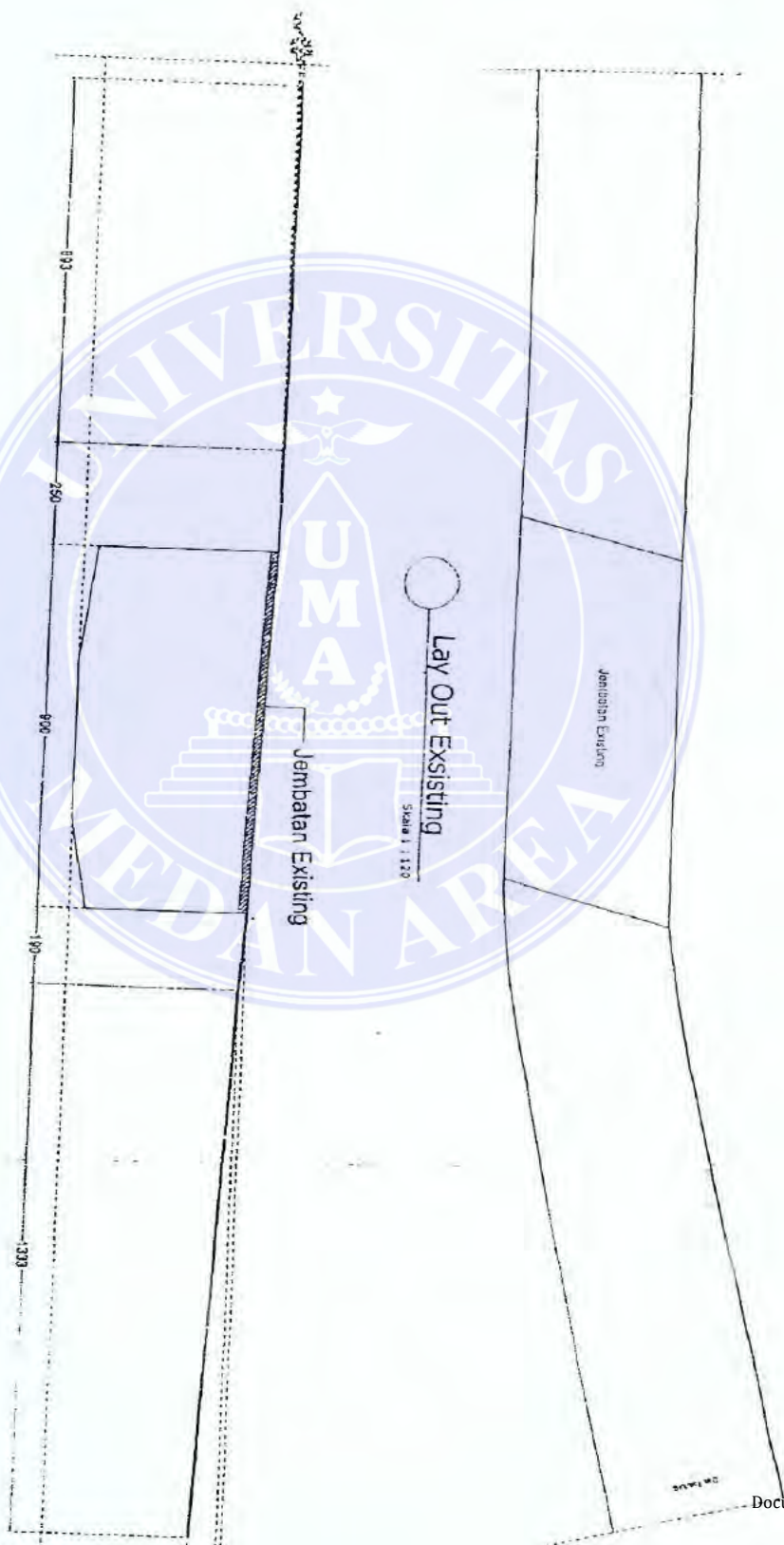
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 DINAS PEKERJAAN UMUM  
 DAN PENATAAN RUANG  
 JL. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

DESAIN PERENCANAAN TEKNIS (DAK)  
 PENUGASAN BIDANG JALAN TA.2021

PERJAJAN	PEMBANGUNAN JEMBATAN AER DEARIHIT
LOKASI	DESA SIMULUD
KECAMATAN	TARUTUNG



Profil Memanjang Existing

Skala 1 : 120

DEKAT  
 JUDUL GAMBAR  
 PROFIL MELANGKAP EXISTING

SKALA  
 HORIZONTAL  
 1 : 100  
 VERTIKAL



DISETUJUI OLEH  
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN  
 DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG  
 KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 JIMMY MP. SIHITE S.P. M.M.  
 NIP. 19751007 200312 1 003

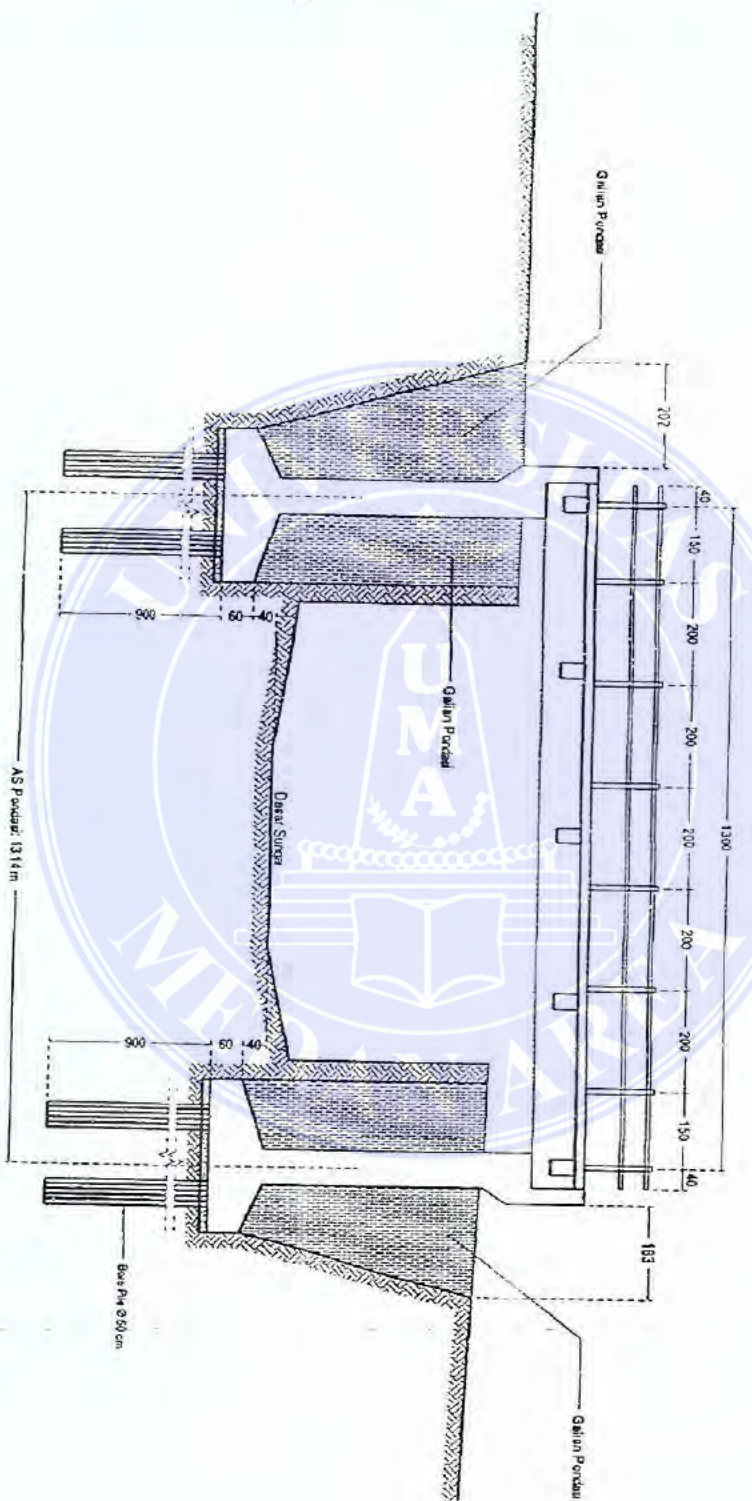




PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 DINAS PEKERJAAN UMUM  
 DAN PENATAAN RUANG  
 Jl. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22414

DESAIN PERENCANAAN TEKNIS (DPTK)  
 PENUGASAN BIDANG JALAN TA. 2021

PEKERJAAN	PEMBANGUNAN JEMBATAN AER PEARHIT
LOKASI	DESA SIBULUR
KECAMATAN	TARUTUNG



○ Potongan Memanjang (Galian Pondasi)

JUDUL GAMBAR  
 SKALA  
 HORIZONTAL  
 1:100  
 VERTIKAL



DISETUJUI OLEH  
 PELABAT PEMBUAT KOMITMEN  
 DINAS PERENCANAAN DAN PENATAAN RUANG  
 KABUPATEN TAPANULI UTARA



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

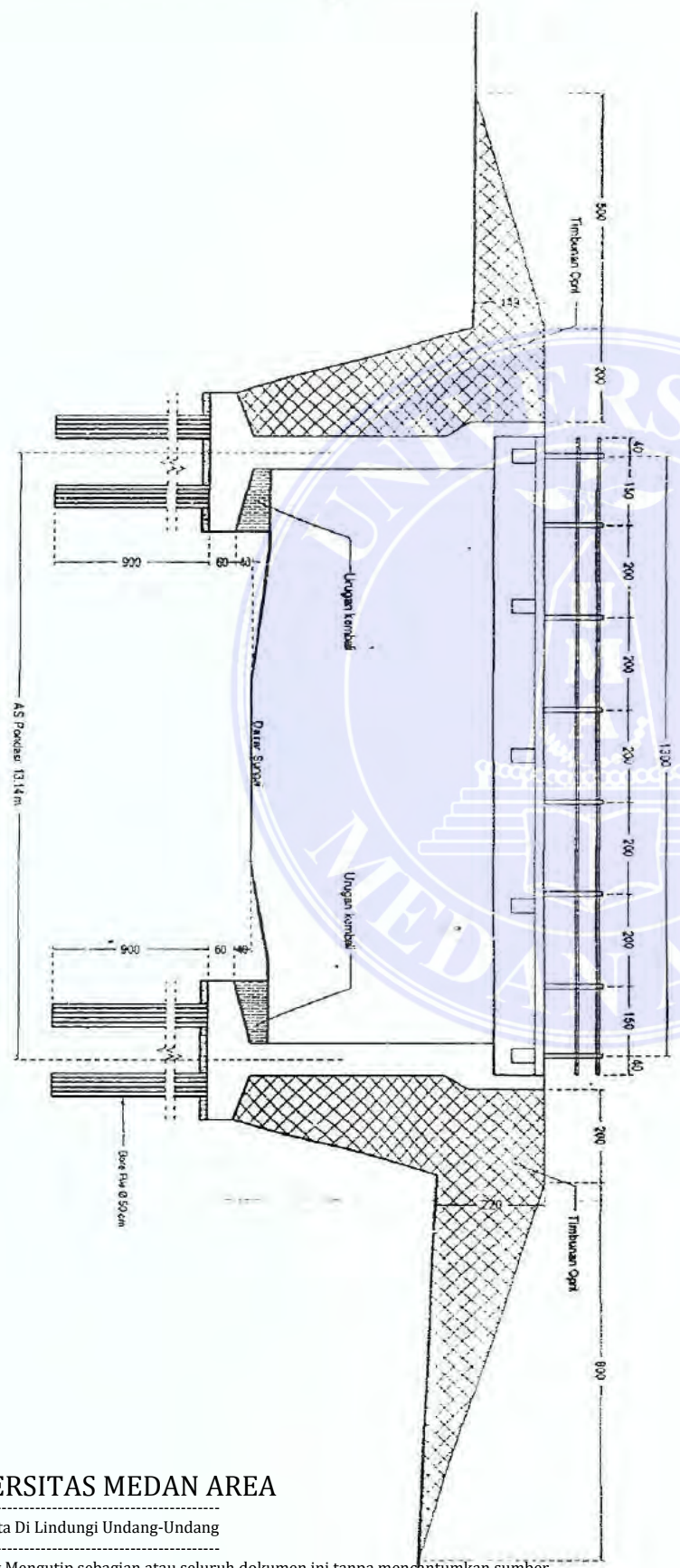


PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 DINAS PEKERJAAN UMUM  
 DAN PENATAAN RUANG  
 JL. SURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

DESAIN PERENCANAAN TEKNIS (DAK)  
 PENUGASAN BIDANG JALAN TA.2021

PEKERJAAN  
 OKASI  
 KECAMATAN

PEMBANGUNAN JEMBATAN AER PEARHIT  
 DESA SIHUVUR  
 TARUTUNG



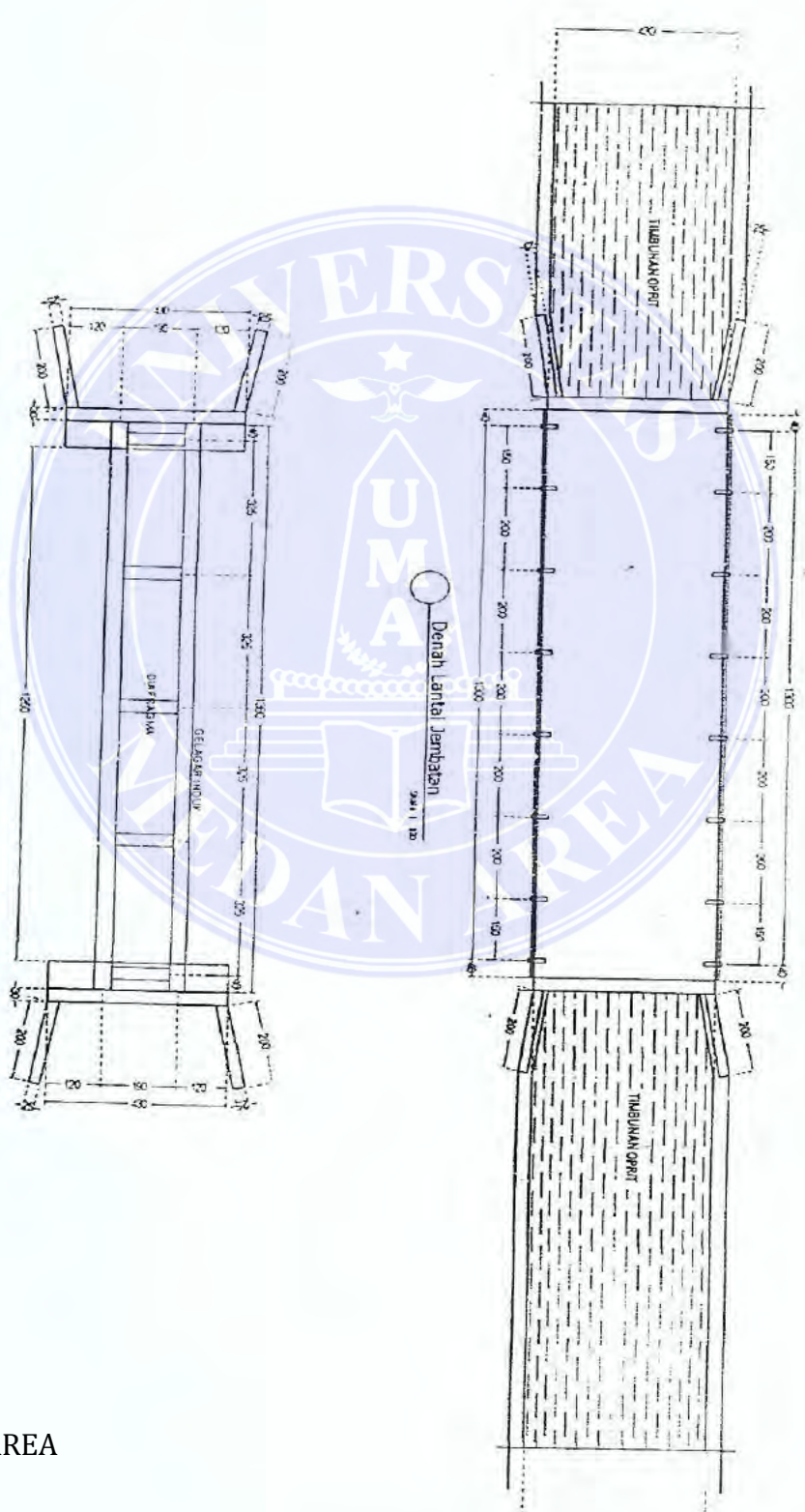
Potongan Memanjang (Timbunan)



PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 DINAS PEKERJAAN UMUM  
 DAN PENATAAN RUANG  
 JL. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

DESAIN PERENCANAAN TEKNIS (DAK)  
 PENUGASAN BIDANG JALAN TA.2021

PEKERJAAN	PEMBANGUNAN JEMBATAN AER PEA RIHT
LOKASI	DESA SIHUUR
KECAMATAN	TARUTUNG



Denah Lantai Jembatan  
 Skala 1:20

JUDUL GAMBAR

DESKRIPSI

SKALA

HORIZONTAL

1:20

VERTIKAL

1:20



DI KETUAHUNTO BENDAHARA  
 PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG  
 KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 JIMMY W. SHITE, ST. AM  
 PEMBINA  
 NIP.19781007 200312 1 003



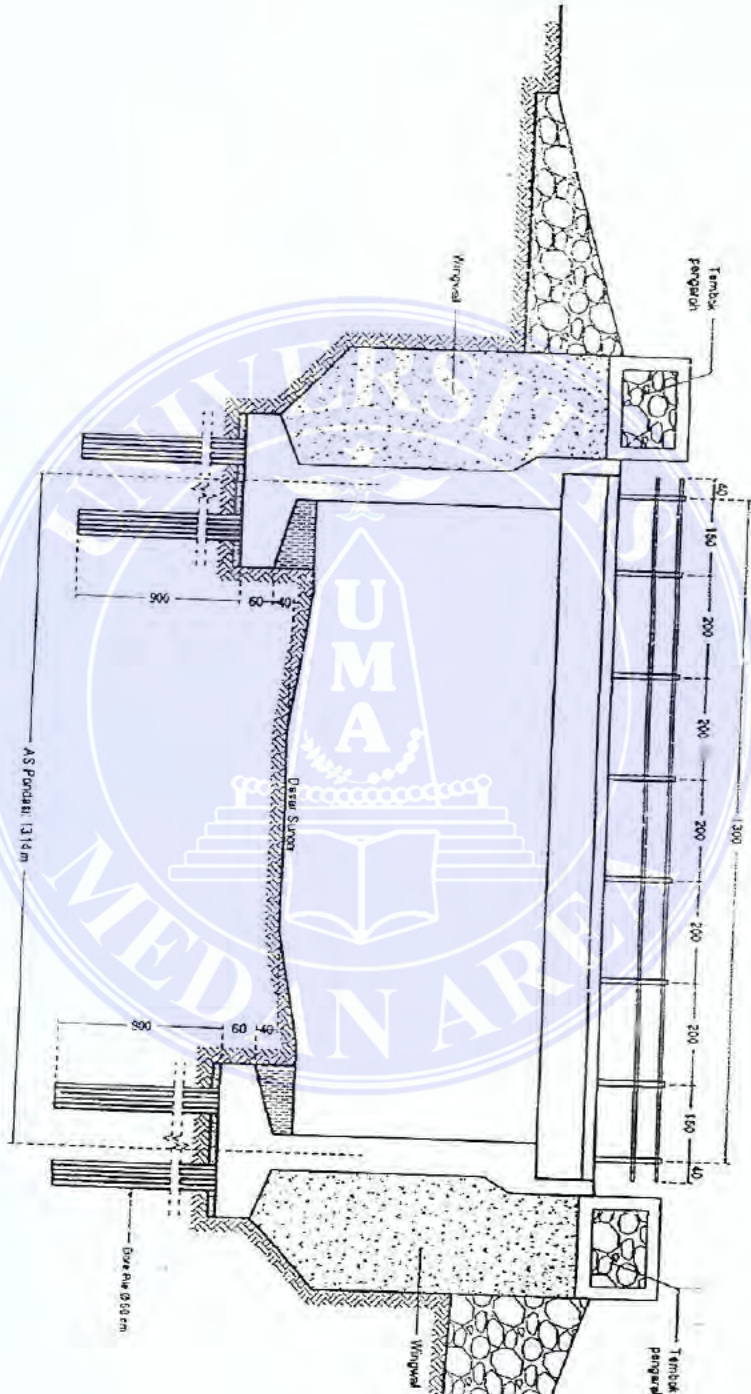




**PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA**  
**DINAS PEKERJAAN UMUM**  
**DAN PENATAAN RUANG**  
 JL. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

**DESAIN PERENCANAAN TEKNIS (DAK)**  
**PENUGASAN BIDANG JALAN TA.2021**

PEKERJAAN	PEMBANGUNAN JEMBATAN AEK PEA RIHIT
LOKASI	DESA SIHUJUR
KECAMATAN	TARUTUNG



Tampak Dan Potongan Memanjang

JUDUL GAMBAR	SKALA
POTONGAN	HORIZONTAL
	1:100
	VERTIKAL



DI BERTUJUKAN  
 KEPALA DINAS  
 PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG  
 KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 NAMA: ...  
 NIP: ...



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

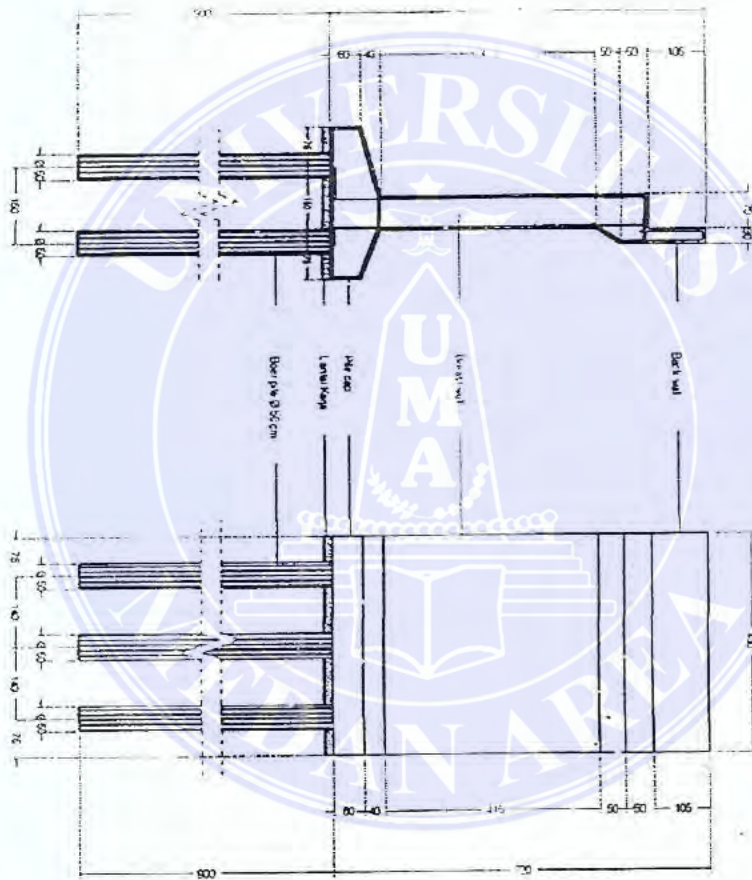
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipannya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



PEREMINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 DINAS PEKERJAAN UMUM  
**DAN PENATAAN RUANG**  
 JL. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

DESAIN PERENCANAAN TEKNIS (DAK)  
 PENUGASAN BIDANG JALAN TA.2021

PEKERJAAN	PEMBANGUNAN JEMBATAN AEK PEARIHIT
LOKASI	DESA SIJUUR
KECAMATAN	TARUTUNG



Detail Pondasi Jembatan  
 Skala 1:50

JUDUL GAMBAR

DETAIL

SKALA  
 HORIZONTAL  
 1:100  
 VERTIKAL



DI SETUJUI OLEH  
 PEJABAT PENERJUT KOMITEN  
 DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG  
 KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 JIMMY AP. SIKHITE, ST. MH.  
 PENJABAT



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

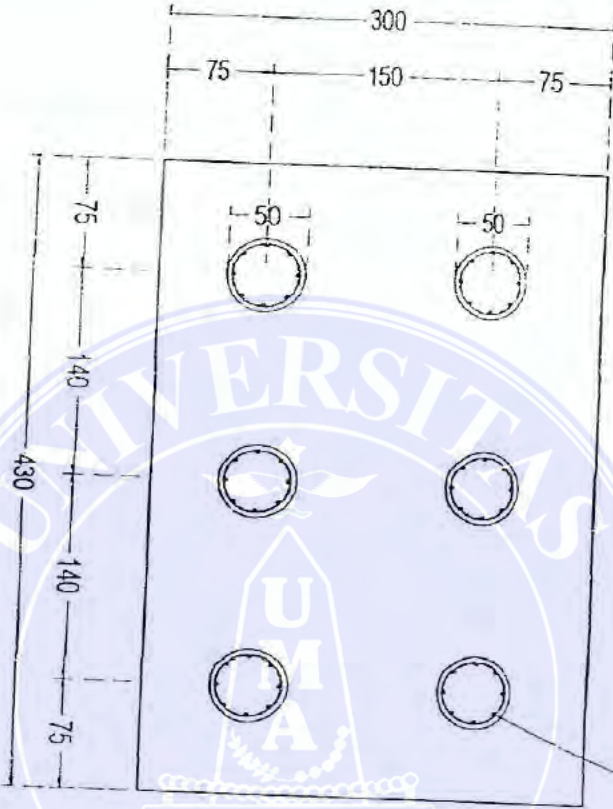




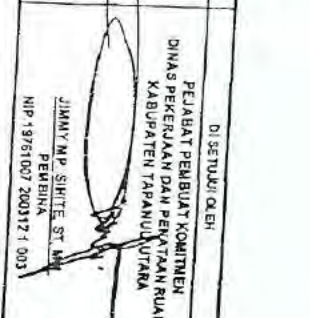
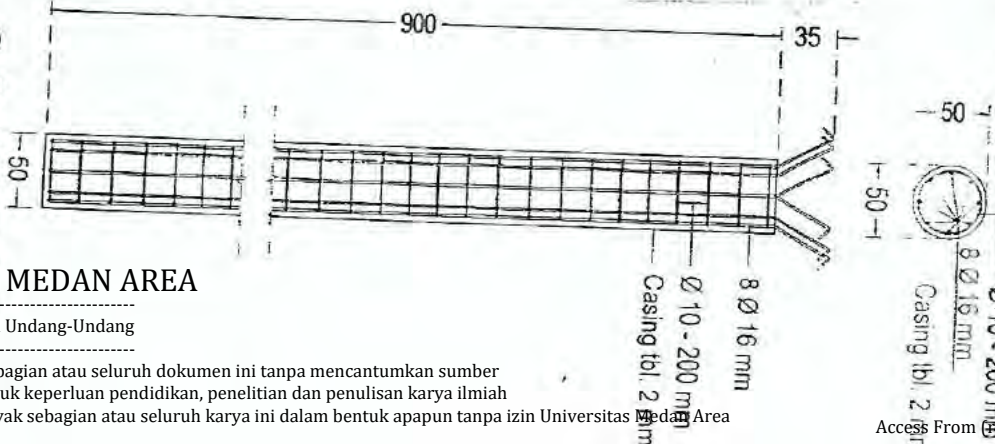
PEMERINTAH KABUPATEN TAPANULI UTARA  
 DINAS PEKERJAAN UMUM  
 DAN PENATAAN RUANG  
 JL. GURU MANGALOKSA KM 2 TARUTUNG 22411

DESAIN PERENCANAAN TENNIS (DAK)  
 PENUGASAN BIDANG JALAN TA.2021

PERJAJAN	PEMBANGUNAN JEMBATAN AER PEARIHIT
LOKASI	DESA SIMUJUR
KECAMATAN	TARUTUNG



Bore Pile Ø 50 cm



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi 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