

**PERBANDINGAN METODE MAYERHOFF DAN METODE  
AOKI DE ALENCER PADA ANALISIS DAYA DUKUNG  
TANAH PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNG  
D.I SERDANG**  
(Studi : Kasus Proyek Konstruksi Bendung D.I Serdang)

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh:**

**AYU AZZAHRA**

**NPM : 178110023**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 29/11/22

Access From (repository.uma.ac.id)29/11/22

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### PERBANDINGAN METODE MAYERHOFF DAN METODE AOKI DAN DE ALENCER PADA ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNG

**D.I SERDANG**

(Studi Kasus Proyek Konstruksi Bendung D.I Serdang)

#### SKRIPSI

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

Disusun Oleh  
**AYU AZZAHRA**  
NPM : 178110023

Disetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. H. Irwan, MT  
NIDN: 0004045901

Dosen Pembimbing II



Denny Meisandi Hutauruk, ST, MT  
NIDN: 0113059001

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Rahmat Syah, S.Kom, M.Kom, MT  
NIDN: 01055058804



Ketua Program Studi Teknik Sipil

Hermansyah, ST, MT  
NIDN: 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 29/11/22

Access From (repository.uma.ac.id)29/11/22

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik universitas medan area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

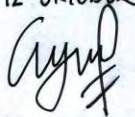
Nama : Ayu Azzahra  
Npm : 178110023  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif (*non-exclusive royalty – free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **“PERBANDINGAN METODE MAYERHOFF DAN METODE AOKI DE ALENCER PADA ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNG D.I SERDANG (Studi Kasus Proyek Konstruksi Bendung D.I Serdang)”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas Royalty Non-Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi/Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Medan, 12 OKTOBER 2022

  
Ayu Azzahra  
178110023



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ayu Azzahra

NPM : 178110023

Judul : **Perbandingan Metode Mayerhoff Dan Metode Aoki De Alencer Pada Analisis Daya Dukung Tanah Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang (Studi Kasus Proyek Konstruksi Bendung D.I Serdang).**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Medan, 12 OKTOBER 2022

Yang membuat pernyataan



Ayu Azzahra

## RIWAYAT HIDUP

### 1. Informasi Pribadi

Nama : Ayu Azzahra  
NPM : 17811002  
Tempat, Tgl Lahir : Medan, 10 Oktober 1999  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Negara : Indonesia  
Alamat : Jl. Sejahtera Gg.T.Azhar LK VII No.3  
Program Studi : Teknik Sipil  
No. Hp : 0813-6147-4775

### 2. Data Keluarga

Nama Ayah : Heri Pramono  
Nama Ibu : Rohayati  
Alamat : Jl. Sejahtera Gg.T.Azhar LK VII No.3

### 3. Pendidikan

2005- 2011 : SD Negeri 066653  
2011-2014 : SMP Negeri 16 Medan  
2014-2017 : SMA Swasta Kartika I-2 Medan  
2017- 2022 : Universitas Medan Area

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena atas berkat karunia dan rahmat-Nya, Laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui **“PERBANDINGAN METODE MAYERHOFF DAN METODE AOKI DE ALENCER PADA ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNG D.I SERDANG (Studi : Kasus Proyek Konstruksi Bendung D.I Serdang)”**.

Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penulis dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada:

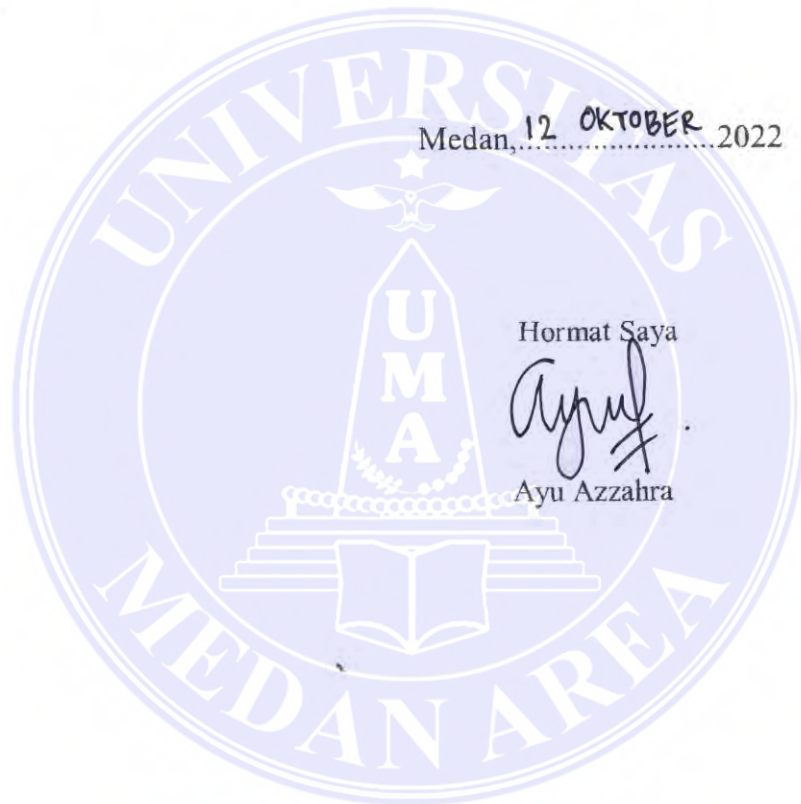
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, S.T., M.T., Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Irwan, M.T, sebagai Dosen Pembimbing I yang telah mengarahkan dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi.
5. Bapak Denny Meisandy Hutahuruk, S.T, M.T, sebagai Dosen Pembimbing II yang telah mengarahkan dan memberikan solusi dalam pembuatan skripsi.
6. Kedua orangtua tercinta Heri Pramono dan Rohayati dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa tak terhingga sejak awal masuk Universitas hingga saat proses penulisan skripsi.
7. kepada seluruh teman – teman mahasiswa Teknik Sipil, Audina Irna Gultom, Eunike Grasia Sihombing, Mahpuja Narti Simatupang, Mekar C.L



Siagian, Ayu Brinady Nasution, terutama angkatan 2017.

8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memperlancar dalam penulisan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan banyak manfaat untuk dunia pendidikan terutama dalam bidang Teknik Sipil.



## ABSTRAK

Pondasi Bore Pile merupakan pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Bore Pile dipakai pada tanah dasar yang kokoh mempunyai daya dukung yang besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 meter serta keadaan sekitar lokasi tanah bangunan yang sudah banyak berdiri. Kelebihan pondasi ini adalah pemasangan yang tidak menciptakan gangguan suara, kebisingan, maupun getaran karena prosesnya dilakukan secara manual dan tidak menggunakan mesin. Jadi, selama dalam proses pemasangan berlangsung, lingkungan yang berada di sekitar proyek tidak terganggu dan proses ini juga tidak beresiko terhadap bangunan yang berada di sekitar tempat tersebut. Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal, antara lain bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih dari di bawah permukaan tanah, maka jenis pondasi yang pada umumnya dipakai adalah pondasi Bore Pile. Analisis perhitungan kapasitas daya dukung pondasi yang menggunakan metode Mayerhoff, Aoki dan De Alencar, dan data penyelidikan tanah diperoleh dari hasil pengujian SPT. Berdasarkan hasil diatas daya dukung ultimate ( $Q_{ult}$ ) menggunakan metode Mayerhoff yaitu BH-1 (93, 02 ton), BH-2 (95, 93 ton), BH-3 (103, 12 ton), BH-4 (95, 93 ton), BH-5 (94, 75 ton). Sedangkan menggunakan metode Aoki De Alencar yaitu BH-1 (37,28 ton), BH-2 (38,7 ton), BH-3 (41,28 ton), BH-4 (38,37 ton), BH-5 (47,37 ton). Kapasitas izin daya dukung tanah ( $Q_{izin}$ ) menggunakan metode Mayerhoff yaitu BH-1 (20,4966 ton), BH-2 (22,75326 ton), BH-3 (20,44285 ton), BH-4 (22, 84965 ton), BH-5 (21,16026 ton). Sedangkan menggunakan metode Aoko De Alencar yaitu BH-1 (8,19864 ton), BH-2 (9,101304 ton), BH-3 (8,17714 ton), BH-4 (9,13986 ton), BH-5 (8,464104 ton). Berdasarkan tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan daya dukung dari metode Mayerhoff lebih besar daripada metode Aoki dan De Alencar, maka metode Mayerhoff lebih efisien daripada metode Aoki de Alencar.

**Kata kunci:** Pondasi Bore Pile, Daya Dukung, Kapasitas Izin.



## ABSTRACT

*Bore Pile foundation is a foundation that is built by drilling the ground first, then filled with reinforcement and casted. Bore Pile is used on a solid subgrade that has a large bearing capacity located very deep, which is approximately 15 meters and the condition around the location of the building land that has been standing a lot. The advantage of this foundation is that the installation does not create noise, noise, or vibration because the process is done manually and does not use machines. So, during the installation process, the environment around the project is not disturbed and this process is also not at risk to the buildings around the place. The selection of the form of the foundation based on the bearing capacity of the soil, several things need to be considered, among others, if the hard soil is located at a depth of up to 10 meters or more from below the soil surface, the type of foundation that is generally used is the Bore Pile foundation. Analysis of the calculation of the bearing capacity of the foundation using the Mayerhoff, Aoki and De Alencar method, and soil investigation data obtained from the results of the SPT test. Based on the results above, the ultimate bearing capacity ( $Q_{ult}$ ) using the Mayerhoff method is BH-1 (93, 02 tons), BH-2 (95, 93 tons), BH-3 (95, 93 tons), BH-4 (22, 84965 tons), BH-5 (94, 75 tons). While using the Aoki De Alencar method, namely BH-1 (20.4966 tons), BH-2 (22.75326 tons), BH-3 (20.44285 tons), BH-4 (22.84965 tons), BH-5 (21,16026 tons). Soil bearing capacity permit ( $Q_{permit}$ ) using the Mayerhoff method, namely BH-1 (20,4966 tons), BH-2 (22,75326 tons), BH-3 (20,44285 tons), BH-4 (22, 84965 tons) tons, BH-5 (21,16026 tons). While using the Aoki De Alencar method, namely BH-1 (8,19846 tons), BH-2 (9,101304 tons), BH-3 (8,17714 tons), BH-4 (9,13986 tons), BH-5 (8,464104 tons). Based on table 4.11 it can be concluded that the results of the calculation of the carrying capacity of the Mayerhoff method are greater than the Aoki and De Alencar methods, so the Mayerhoff method is more efficient than the Aoki de Alencar method.*

**Keywords:** *Bore Pile Foundation, Bearing Capacity, Permit Capacity*

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### HALAMAN PERNYATAAN

### RIWAYAT HIDUP

### KATA PENGANTAR..... i

### ABSTRAK..... iii

### ABSTRACT ..... iv

### DAFTAR ISI ..... v

### DAFTAR GAMBAR..... viii

### DAFTAR TABEL ..... ix

### DAFTAR NOTASI..... x

### BAB I PENDAHULUAN..... 1

#### 1.1 Latar Belakang ..... 1

#### 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian..... 3

#### 1.3 Rumusan Masalah ..... 3

#### 1.4 Lingkup Peneltia ..... 3

#### 1.5 Manfaat Penelitian..... 3

### BAB II TINJAUANPUSTAKA ..... 3

#### 2.1 Tinjauan Pustaka ..... 4

#### 2.2 Landasan Teori..... 5

#### 2.3 Bendung..... 6

#### 2.4 Pondasi..... 12

#### 2.5 Macam-Macam Pondasi Tiang Pancang ..... 20

##### 2.5.1 Tiang Pancang Kayu ..... 21

2.5.2	Tiang Pancang Beton .....	22
2.5.3	Tiang Pancang Baja .....	24
2.5.4	Tiang Pancang Komposite .....	25
2.6	Tanah .....	26
2.7	Daya Dukung Tanah .....	34
2.8	Metode Mayerhoff.....	39
2.9	Metode Aoki dan De Alencer .....	40
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>42</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
3.2	Tahapan Penelitian .....	43
3.3	Analisa Data.....	45
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>46</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	46
4.1.1	Metode Mayerhoff (BH-1) .....	46
4.1.2	Metode Mayerhoff (BH-2) .....	48
4.1.3	Metode Mayerhoff (BH-3) .....	50
4.1.4	Metode Mayerhoff (BH-4) .....	51
4.1.5	Metode Mayerhoff (BH-5) .....	53
4.1.6	Metode Aoki Dan De Alencer (BH-1).....	55
4.1.7	Metode Aoki Dan De Alencer (BH-2).....	57
4.1.8	Metode Aoki Dan De Alencer (BH-3).....	58
4.1.9	Metode Aoki Dan De Alencer (BH-4).....	60
4.1.10	Metode Aoki Dan De Alencer (BH-5).....	61
4.2	Pembahasan.....	63



<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tubuh bendung .....	8
Gambar 2.2 Pondasi memanjang ( <i>continous footing</i> ).....	14
Gambar 2.3 Pondasi telapak ( <i>spread footing</i> ).....	14
Gambar 2.4 Pondasi rakit ( <i>raft footing</i> ).....	15
Gambar 2.5 Pondasi sumuran ( <i>pier footing</i> ).....	16
Gambar 2.6 Pondasi tiang ( <i>pile footing</i> ).....	18
Gambar 2.7 Panjang maksimum dan beban maksimum.....	19
Gambar 2.8 Friction pile .....	20
Gambar 3.1 Denah lokasi proyek .....	42
Gambar 3.1 Denah lokasi proyek .....	42
Gambar 3.2 Bagan alir penelitian.....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daya dukung ujung tiang (qp) bh-1 .....	28
Tabel 4.2 Daya dukung selimut diameter (qs) bh-1 .....	29
Tabel 4.3 Daya dukung ujung tiang (qp) bh-2 .....	30
Tabel 4.4 Daya dukung selimut diameter (qs) bh-2 .....	32
Tabel 4.5 Daya dukung ujung tiang (qp) bh-3 .....	33
Tabel 4.6 Daya dukung selimut diameter (qs) bh-3 .....	34
Tabel 4.7 Daya dukung ujung tiang (qp) bh-4 .....	35
Tabel 4.8 Daya dukung selimut diameter (qs) bh-4 .....	36
Tabel 4.9 Daya dukung ujung tiang (qp) bh-5 .....	38
Tabel 4.10 Daya dukung selimut diameter (qs) bh-5.....	39
Tabel 4.11 Hasil perhitungan daya dukung metode mayerhoff dan metode aoki de alencer .....	48



## DAFTAR NOTASI

$Q_{ult}$	= Daya dukung ultimit (ton)
$A_b$	= Luas penampang ujung tiang
$A_s$	= Luas selimut tiang
$N_b$	= Nilai SPT pada ujung tiang
$\mu_{b,s}$	= Nilai koefisien perlawanan ujung dan selimut tiang
$N$	= Nilai rerata SPT sepanjang tiang
$N_1$	= Nilai SPT pada ujung tiang
$N_2$	= Nilai SPT rerata dari ujung tiang hingga 4D diatas ujung tiang.
$q_u$	= Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang
$q_b$	= Kapasitas tahanan di ujung tiang
$q_s$	= Kapasitas tahanan kulit
$q_b$	= Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas
$A_b$	= Luas di ujung tiang
$F$	= Satuan tahanan kulit persatuan luas
$A_s$	= Luas kulit tiang pancang
$d$	= diameter pondasi
$n$	= jumlah lapisan tanah
$t$	= tinggi tiang

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bendung bisa menjadi penghalang yang di bangun melintasi sungai agar dapat mengubah sifat aliran sungai. Banjir dapat dihindari, debit sungai dapat diukur, dan aliran sungai dapat diperlambat untuk mempermudah navigasi sungai. D.I. Bendung Serdang dulunya dikenal sebagai area irigasi batang kuis, yang berada di sisi kiri Sungai Serdang serta melayani area seluas 1.032 hektare. Di sebelah kanan Sungai Serdang ditemukan area persawahan penampung hujan dengan luas sekitar 3.244 hektare. Sementara itu, beberapa area menggunakan sumur gali di dekat persawahan, sementara yang lain mengandalkan air drainase yang dipompa.

Alhasil, Bendung D.I Serdang diharapkan mampu menyalurkan air ke area persawahan dengan luas 4.276 hektare. D.I Bendung Serdang di bentuk sebagai bagian dari inisiatif pemerintah untuk mengembangkan 1 (satu) hektar jaringan irigasi yang baru. Dalam upaya meningkatkan produksi beras di Kabupaten Serdang, yang merupakan salah satu daerah penghasil padi di Sumatera Utara.

*Motion Weir* adalah bendung yang digunakan untuk proyek ini. Untuk menyalurkan air ke saluran irigasi dan petak-petak tersier, dan akan sangat membantu jika menggunakan bendungan bergerak untuk menaikkan muka air sungai ke ketinggian yang sesuai. Daerah yang perlu diairi akan tergantung pada ketinggian (muka air). Sebuah bangunan yang memiliki pintu yang bisa dibuka dalam mengeluarkan air saat banjir bandang dan menutup saat alirannya sedikit

dikenal sebagai bendung bergerak. Bendung merupakan struktur yang paling sering digunakan di Indonesia untuk mengarahkan air disungai pada area irigasi. Area irigasi di bagian hulu D.I Serdang merupakan satu kesatuan dari sistem aliran sungai yang mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap pertumbuhan Daerah Irigasi Serdang. Sesuai dengan strategi pembangunan area irigasi serdang memperoleh suplai air dari bendung Sungai Ular melalui Sungai Batu Gingging, debit sebesar 3,30 m<sup>3</sup> /detik.

Pondasi tiang pancang, yang menggambarkan posisi terendah dari suatu bangunan dan mengalirkan bobot kontruksi ke tanahh atau baatuan di bawahnya, diperiksa oleh penulis di Serdang D.I. Proyek Bendung (Hardiyatmo, 1996). Pondasi dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu: pondasi dalam dan pondasi dangkal. Penentuan pondasi tergantung pada tipe bangunan yang akan dibangun serta jenis tanahnya. Pondasi dangkal kebanyakan digunakan untuk bangunan bebann ringan pada kondisi tanah yang relatif dapat diterima, sedangkan pondasi dalam kebanyakan digunakan untuk konstruksi bebann berat.

Penulis akan fokus pada pondasi yang menggunakan pondasi tiang pancang yaitu pondasi dalam. Tujuan dan kegunaan pondasi tiang adalah untuk menyalurkan atau mengalihkan beban pada bangunan diatasnya menuju lapisan tanah keras yangg sangat dalam. Mayoritas tiang didorong tegakk lurus ke tanah ketika dipasang, namun beberapa di antaranya miring (disebut file tempur) untuk menahan gaya yang bekerja secara horizontal dengan lebih baik. Alat yang digunakan dan rencana keduanya dipertimbangkan ketika menentukan sudut kemiringan yang dapat dicapai tiang (J. E. Bowles, 1992). Metode Mayerhoff dan



Metode Aoki dan De Alencer akan digunakan penulis untuk mengkaji daya dukung pondasi tiang pancang pada penelitian ini.

## 1.2 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah melakukan perhitungan kapasitas daya dukung tanah pada metode Mayerhoff serta Aoki dan de Alencer yang digunakan terhadap pondasi tiang pancang.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kapasitas daya dukung tanah pondasi tiang pancang dengan menggunakan metode Mayerhoff dan metode Aoki dan De Alencer pada proyek Bendung D.I Serdang dan mengetahui metode manakah yang lebih efisien.

## 1.4 Rumusan Masalah

Dalam penulisan ini rumusan masalah pada proyek Kontruksi Bendung D.I Serdang difokuskan pada seberapa besar daya dukung tanah tiang pancang dan seberapa besar nilai kapasitas izin tiang pancang?

## 1.5 Lingkup Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut, agar pembahasan dan penyusunan skripsi ini terarah dan tidak menyimpang dari penelitian utama:

1. Penelitian ini menggunakan data hasil SPT.
2. Hanya membahas kapasitas daya dukung tanah terhadap pondasi tiang pancang.
3. Metode yang digunakan adalah metode Mayerhoff serta Aoki dan de Alencer.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki keunggulan dalam memberikan informasi tentang perhitungan dan analisis kapasitas daya dukung tanah dengan metode yang digunakan terhadap pondasi tiang pancang.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya merupakan salah satu referensi penulis ketika melakukan penelitian agar penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Jenis penelitian ini sudah pernah dilakukan sebelumnya, karena penelitian terdahulu sangat penting dalam penelitian yang akan dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain:

1. Darlina Tanjung dan Ahmad Bima Nusa (2018) melakukan studi tentang pengaruh daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gis (gas insulated switch gear) di Payung Sekaki Pekanbaru. Selama penelitian, peneliti melakukan penelitian eksplorasi untuk mempelajari dan menganalisis pondasi tiang pancang terbaru menggunakan metode Langsung dan metode Aoki De Alencar.
2. Setiyo, Suhendra, dan M. Nuklirullah (2019) melakukan penelitian serupa tentang Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Tiang Dalam Rencana Pengembangan Kompleks Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi. Studi perencanaan dilakukan dalam penelitiannya untuk mengetahui daya dukung pondasi dari data sondir, hasil uji SPT, dan hasil uji laboratorium dengan menggunakan beberapa metode, serta menghitung penurunan tiang tunggal dengan variasi. secara mendalam..

3. Nurhidayanti, Mahfud S.Pd., M.T, dan Masrul Huda, M.A (2019) melakukan penelitian serupa tentang Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang. Studi perencanaan dilakukan dalam penelitiannya untuk menghitung dan membandingkan daya dukung tiang tunggal menggunakan data sondir dan Uji Penetrasi Standar (SPT), serta menghitung kapasitas kelompok tiang yang paling efisien.

## 2.2 Bendung

Bendung berbeda dari bendungan dalam hal berikut:

Fungsi bendungan adalah untuk mengatur aliran air ke danau, waduk, atau tempat wisata. Bendungan sering dipakai untuk menyalurkan air sehingga dapat menggerakkan turbin pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Pintu air, komponen dari bendungan, digunakan untuk secara bertahap melepaskan air yang tidak digunakan. Bendungan berfungsi sebagai pembangkit listrik, mengatur aliran air/irigasi, mencegah banjir, dan mengarahkan bangunan.

Menurut undang-undang Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 yang mengatur tentang bendungan, bendungan adalah struktur yang terbuat dari tanah, batu, beton, dan atau pasangan bata yang dibangun dengan tujuan menahan dan menyimpan air serta meninggikan atau menampung lumpur untuk membentuk reservoir. Bendungan terdiri dari bangunan pelimpah, pintu air dan katup, bangunan outlet, pintu masuk, jalan pengiriman, dan bangunan infrastruktur di samping struktur dan peralatan bangunan pendukung lainnya.

Bendung adalah bangunan yang ditempatkan di seberang sungai dan bermanfaat untuk merombak partikularitas aliran sungai atau untuk mengontrol



aliran sehingga permukaan air sungai naik ke ketinggian bendung itu sendiri. Struktur ini memungkinkan air sungai tumpah ke atas bendung. Sekalipun dampak hanya terlokalisasi di dekat bendung, fakta bahwa bendung akan secara dramatis meningkatkan tingkat udara terlarut setelah melewatinya dapat menyebabkan gangguan ekologis di sungai. Bendung dapat mempengaruhi satwa liar setempat, termasuk salmon yang bermigrasi di atas sungai.

Penggemar olahraga air harus berhati-hati karena loncatan hidrolik yang terjadi saat air melewati bendungan berpotensi menenggelamkan seseorang yang terdampar. Pada sejumlah struktur bendungan yang dianggap tidak aman, pemain kano dan kayak disebut sebagai "mesin penenggelam". Bendung dapat berfungsi sebagai lokasi di mana puing-puing dan barang-barang lainnya berkumpul.

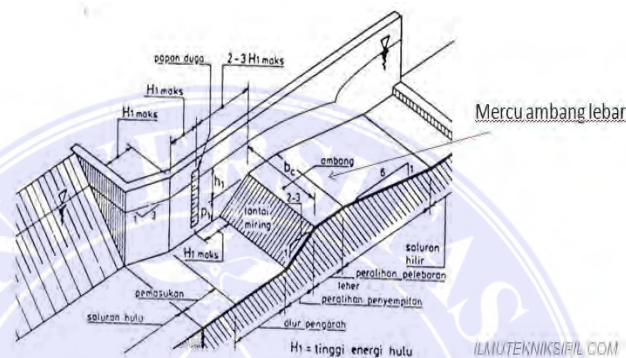
Fungsi konstruksi inilah yang membedakan bendung dengan bendungan. Bendung dibangun untuk menaikkan muka air di sungai, tetapi muka air masih melebihi tinggi bendung, sedangkan bendungan dibangun untuk menghentikan aliran air ke waduk atau danau. Dalam hal ini bendungan lebih besar dari bendung (weir).

Dengan demikian, tujuan pembangunan itu sendirilah yang membedakan bendung dengan bendungan. Sementara bendungan dibangun untuk menghentikan aliran air ke waduk atau danau, bendungan dibangun untuk menaikkan permukaan air di sungai, tetapi air tetap naik di atas ketinggian bendung itu sendiri. Dalam hal ini, ukuran bendungan melebihi ukuran bendung (weir). Bagian-bagian bendung yaitu:

#### 1. Tubuh Bendung.

Bangunan utama meliputi badan bendung, yang berguna untuk menjaga laju

alirann air dan menaikkan muka air dari elevasi awal. Isi tanah, pasangan batu sungai, dan beton sering menjadi bahan bangunan yang digunakan untuk membuat bagian ini. Mayoritas struktur badan bendung dibuat dengan mengarungi sungai. Ambang dasar, balok bendungan, dan penyerap energi adalah komponen tubuh bendungan.



Gambar 2.1 Tubuh Bendung  
Sumber: Irigasi dan Bangunan Air, Sudieman (2001)

## 2. Pintu Air

Pintu air adalah struktur berbentuk bendung yang mengontrol aliran udara yang keluar dari saluran dengan membuka atau menghalangi aliran air. Pintu air terdiri dari daun pintu, angker, kerekan, dan bingkai yang mengontrol arah gerakan. Daun pintu berfungsi sebagai penahan tekanan udara. Gerakan daun yang direncanakan sebagian dipertahankan oleh bingkai kontrol gerakan. Sambil menunggu beban dipindahkan dari lubang air ke dalam struktur beton, angker sangat membantu dalam menopang rangka dan mengendalikan arah gerakan. Selain itu, daun pintu dapat digerakkan oleh kerekan, memungkinkan pembukaan dan penutupan yang sederhana.

### 3. Pintu Pengambilan

Pintu masuk, bagian dari bendung, mencegah benda padat masuk ke saluran dan mengatur jumlah debit air yang masuk. Struktur ini dapat dibuat tidak lebih dari satu atau dua komponen di sebelah kanan dan kiri pintu masuk utama. Harus ditekankan bahwa dua bangunan manajemen juga diperlukan untuk mendukung dua pintu. Pilihan lainnya adalah dengan membangun gorong-gorong pada badan bendung sebagai area pick-up sehingga struktur bangunan intake memadai.

### 4. Kolam Peredam Energi

Tujuan kolam penyerap energi adalah untuk mengurangi kekuatan aliran air di saluran dan palung, yang notabene masih bergerak dengan kecepatan yang agak cepat. Kemungkinan gerusan lokal dapat dikurangi dengan membangun konstruksi bendung ini. Bentuk hidrolis kolam penyerap energi menggabungkan bagian miring, bagian melengkung, dan bagian lurus.

### 5. Pintu Penguras

Konstruksi yang cocok untuk mengalirkan material sedimen dari daerah hulu pintu adalah pintu pembuangan. Dinding vertikal ke kiri atau kanan bendung dengan pilar atau pilar dengan pilar memiliki pintu ini. Tergantung di mana pintu masuk, pintu pembuangan biasanya dibangun di kanan atau kiri bendung. Konstruksi pintu pembuangan dilakukan di sisi kanan jika pintu masuk diposisikan ke kanan. Juga sebaliknya. Di Indonesia, ada enam bangunan utama yang telah dibuat, antara lain:

#### 1. Bendung Tetap.

Menyeberangi sungai atau aliran sungai memerlukan konstruksi bangunan air yang dirancang khusus untuk menaikkan muka air di atas ambang batas yang telah ditentukan, sehingga air sungai dapat ditangkap

dan diarahkan oleh gravitasi ke dalam sistem irigasi. Untuk menghemat listrik, air ekstra dialirkan ke hilir menggunakan air terjun dengan kolam yang tenang. Desain struktur ambang pelimpah mengungkapkan keberadaan dua jenis bendung yang berbeda, yaitu:

- a. Ambang batas tetap yang lurus dari tepi kiri ke tepi kanan sungai menunjukkan bahwa sumbu ambang batas adalah garis lurus yang menghubungkan dua titik di tepi sungai.
- b. Ambang berbentuk gigi gergaji yang tetap. Ketika panjang ambang batas tidak mencukupi, dan biasanya untuk sungai dengan lebar kecil tetapi debit air yang besar, jenis ini diperlukan. Oleh karena itu, penggunaan jenis ini akan menghasilkan panjang ambang yang lebih panjang dan kapasitas debit yang lebih tinggi. Disarankan agar bentuk bendung gergaji ini digunakan pada saluran karena bentuk fisik ambang batas dan sifat hidroliknya.

## 2. Bendung Gerak Vertikal.

Pintu-pintu pada bendung ini dapat digerakkan secara radial atau vertikal, dan memiliki badan bendung dengan ambang batas tetap yang rendah. Jenis ini mempunyai tujuan ganda, yaitu meninggikan muka air sungai dalam kaitannya dengan penyadapan air untuk berbagai keperluan dan mengendalikan muka air di hulu bendung sehubungan dengan muka air banjir. Ketika terjadi banjir besar, pintu terbuka penuh, dan ketika banjir sedang atau kecil, pintu terbuka sebagian. Biasanya, pintu tertutup total, khusus agar air bisa disadap. Tipe bendung gerak ini hanya dibedakan dari bentuk pintu-pintunya antara lain:

- a. Pintu geser atau sliding door sering digunakan untuk bukan yang lebar



dan tingginya kecil hingga sedang. Untuk menghindari kebutuhan alat angkat yang lebih besar dan lebih mahal, dilakukan upaya untuk memastikan bahwa pintu tidak terlalu berat. Pintu harus cukup ringan tetapi sangat kaku sehingga tidak mudah berderak saat diangkat karena gaya dinamis aliran air.

b. Pintu radial memiliki daun pintu yang dibentuk seperti lengkungan dan lengan pintu dengan sambungan yang dipasang pada dinding sayap atau pilar. Tujuan dari perancangan ini adalah agar daun pintu lebih mudah diangkat dengan kabel atau rantai. Selain itu, aktuator pintu dapat dioperasikan secara hidraulik menggunakan mekanisme dorong dan tarik mekanis yang dipasang pada dinding atau pilar sayap.

### 3. Bendung Karet

Bendung ini bekerja dengan mengembungkan badan bendung untuk menaikkan muka air dan mengempiskannya untuk menurunkan muka air. Badan bendung tabung karet dapat menahan air atau udara di dalamnya. Alat pengontrol udara atau air digunakan selama pengisian udara atau air dari pompa udara atau air (manometer). Dua komponen utama bendung karet adalah: a. badan bendung karet; dan b. pondasi beton. yang berfungsi sebagai penahan tabung karet dan dilengkapi dengan ruang kontrol dan perangkat lain untuk mengatur ekspansi dan kontraksi tabung karet.

### 4. Bendung Saringan Bawah

Bendung ini merupakan jenis bendung pelimpah yang memiliki filter dan saluran penangkap. Bendung ini membuat penampungan air di seberang

sungai dalam bentuk saluran tangkapan dan mengalirkan air ke tepi sungai untuk disalurkan ke jaringan irigasi, di mana ia melewati filter. Sementara air diperkirakan masuk ke saluran tangkapan, operasi lapangan dilakukan dengan membiarkan 10 sedimen dan batu besar melompat melalui bendung. Saluran resapan pasir menerima sedimen berat, yang kemudian secara berkala tersapu kembali ke sungai.

### 2.3 Pondasi

Pondasi bangunan yang merupakan titik terendahnya, memindahkan berat struktur ke tanah atau batuan di bawahnya (Hardiyatmo, 1996). Pondasi dapat dibagi menjadi dua kategori umum: pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan pondasi tergantung pada jenis bangunan yang akan dibangun serta jenis tanahnya. Pondasi dangkal biasanya dipakai untuk bangunan beban ringan pada kondisi tanah yang relatif dapat diterima, sedangkan pondasi dalam biasanya dipakai untuk konstruksi beban berat.

Dalam kasus ini di mana bangunan di atasnya tidak besar, digunakan pondasi dangkal, bangunan simple misalnya. Bangunan publik lainnya dengan tanah keras dapat menggunakan pondasi ini juga. Pondasi batu kali, pondasi lokal, pondasi strip beton, pondasi strouspile, dan pondasi tiang kayu semuanya termasuk dalam pondasi dangkal. Sedangkan pondasi bangunan untuk tanah lunak adalah pondasi dalam. Selain itu, bangunan dan struktur bertingkat dengan lebar yang agak lebar menggunakan fondasi ini. Ini termasuk pondasi tiang pancang yang terbuat dari beton, besi, pipa, atau baja, serta pondasi lubang dan borpile.

Proses konstruksi harus mengikuti standar utama berikut karena pondasi

merupakan komponen penting dari bagian struktural struktur dan berfungsi untuk menopang bangunan di atasnya:

1. Mampu menahan beban geser yang disebabkan oleh beban ke bawah dan vertikal.
2. Memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan kondisi tanah yang bergeser untuk menahan pengaruh perubahan cuaca.
3. Tidak terpengaruh oleh dampak kimia

Pondasi tiang pancang beton cor di tempat, juga dikenal sebagai pondasi tiang bor, adalah pondasi yang stabil dan kaku yang dibangun dengan melapisi lubang dengan tulangan setelah mengebor tanah dan menuangkan beton ke dalamnya. Jika tanah mengandung air, diperlukan pipa besi untuk menahan dinding lubang pada tempatnya, dan pipa ini ditarik ke atas selama proses penuangan. Diameter di dasar tiang dapat diperbesar untuk meningkatkan ketahanan bantalan ujung tiang. Tiang pancang bekerja dengan tanah agar memberikan daya dukung, yang mendukung suprastruktur bangunan serta memberikan keamanan. Sebuah analisis menyeluruh dari tanah dilakukan untuk menentukan daya dukung.

Perencanaan suatu bangunan pada dasarnya mencakup perencanaan baik struktur atas maupun struktur bawah (sub struktur). Komponen bangunan di atas tanah, seperti kolom, balok, pelat, dan elemen struktur lainnya, disebut sebagai bangunan atas. Bagian konstruksi yang berada di bawah tanah, dalam hal ini pondasi, termasuk dalam bangunan bawah.

Hardiyatmo, H.C. (2002:79) menjelaskan pondasi adalah komponen struktur

terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Secara umum, ada dua jenis pondasi: pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi yang hanya dapat menopang beban yang relatif ringan dan secara langsung menopang beban bangunan. Pondasi dalam adalah pondasi yang dapat membawa beban bangunan ke batuan yang sangat dalam atau tanah yang keras sekaligus dapat menerima beban bangunan yang sangat besar. Macam-macam contoh jenis pondasi ditunjukkan berikut adalah jenis-jenis pondasi :

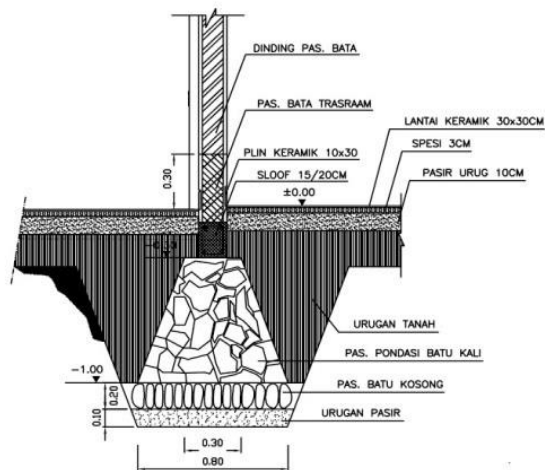
#### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi yang menopang beban secara langsung disebut pondasi dangkal. Contohnya termasuk pondasi pijakan, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Bila kedalaman tanah yang baik antara 0,6 dan 2 meter dan daya dukung tanah di atas  $2,0 \text{ kg/cm}^2$  digunakan pondasi dangkal. Pondasi dangkal biasanya menawarkan biaya yang lebih murah daripada jenis pondasi lainnya.

- a. Pilar memanjang (pijakan terus menerus) Pondasi memanjang, juga disebut sebagai fondasi batu kali, dipakai untuk menopang dinding memanjang atau deretan kolom dengan jarak yang berdekatan. Batu pecah, batu kali, pasangan bata, beton cor tanpa tulangan, atau kombinasinya dapat digunakan sebagai bahan untuk pondasi ini.

Berikut adalah contoh gambar dari pondasi memanjang:

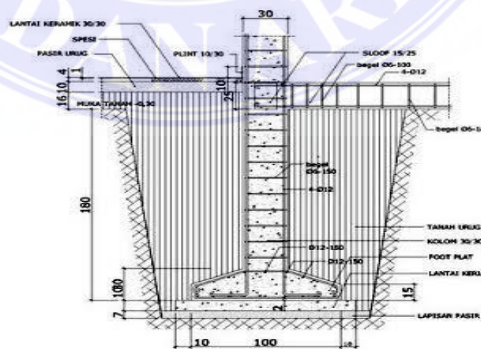




Gambar 2.2 Pondasi memanjang (*continuous footing*).  
Sumber: Buku Pondasi Jilid 2, Hardiyatmo (1998)

b. Pondasi telapak (spread footing)

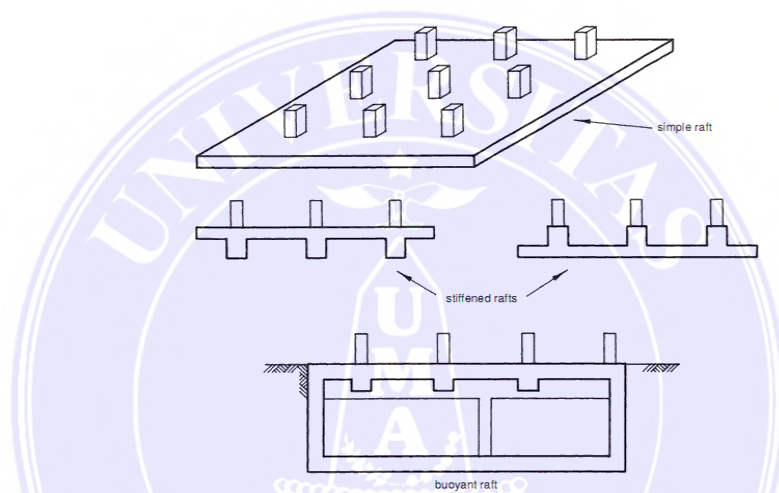
Penggunaan pondasi kaki sebagai kolom berdiri bebas. Pondasi ini dibangun dari beton bertulang yang memiliki ketebalan tertentu dan dibentuk seperti papan atau sol. Pondasi berkaki cocok untuk digunakan dengan struktur bertingkat tinggi. Berikut adalah contoh gambar dari pondasi telapak:



Gambar 2.3 Pondasi telapak (*spread footing*)  
Sumber: Buku Pondasi Jilid 2, Hardiyatmo (1998)

c. Pondasi rakit (raft foundation)

Pondasi rakit digunakan bila suatu struktur terletak di atas tanah lembek atau tanah yang diperkirakan memiliki daya dukung tanah yang terbatas. Selain itu, struktur dengan ruang bawah tanah sering menggunakan pondasi ini. Berikut adalah contoh gambar dari pondasi rakit:



Gambar 2.4 Pondasi rakit (*raft foundation*)  
Sumber: Buku Pondasi Jilid 2, Hardiyatmo (1998)

2. Pondasi Dalam

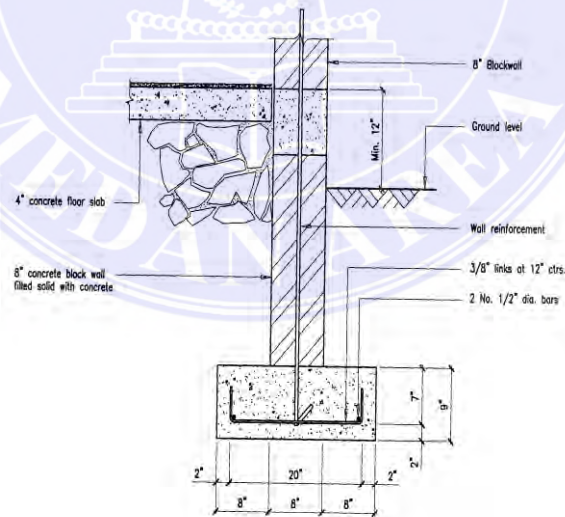
Pondasi dalam merupakan fondasi yang menyalurkan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yg ditemukan relatif jauh di bawah tanah. Di lapangan, pondasi dalam seperti pondasi tiang pancang dan pondasi sumur sering digunakan, dengan pengecualian proses pemindahan kendaraan melalui medan yang kasar, dimana tiang bor adalah solusi alternatifnya. pondasi dalam digunakan. Jika lapisan tanah keras atau lapisan tanah dengan daya dukung yang sesuai terletak pada kedalamannya yang sesuai di bawah permukaan dan lapisan tanah atas adalah tanah

lembek, pondasi dalam harus digunakan untuk mencapai lapisan tanah keras.

a. Pondasi sumuran (*pier foundation*).

Pondasi yang terbuat dari pipa beton yang ditanam di tanah sumur dan kemudian dicor di tempat menggunakan batu pecah dan beton sebagai isinya dikenal sebagai pondasi sumur, atau kaison. Pondasi ini dapat diterapkan pada lahan-lahan konstruksi yang kedalaman lapisan tanah kerasnya berkisar 3-5 meter. Peck, dkk (1953) dlm Hardiyatmo, H.C. (2002:80) memberi perbedaan antara pondasi sumuran dgn pondasi dangkal menurut nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebarnya ( $B$ ). Untuk pondasi sumuran  $D_f/B > 4$ , dan untuk pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$

Berikut adalah contoh gambar dari pondasi sumuran:



Gambar 2.5 Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Sumber: Buku Pondasi Jilid 2, Hardiyatmo (1998)

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Jika permukaan tanah keras sangat dalam, pondasi tiang pancang digunakan untuk menopang bangunan. Pondasi tiang pancang dapat menopang bangunan dalam menahan gaya angkat dan cocok untuk digunakan dengan struktur bertingkat tinggi yang mengalami gaya guling dari beban horizontal. Ilustrasi tersebut menggambarkan panjang dan beban maksimum untuk berbagai jenis pondasi tiang yang sering digunakan dalam praktek.

Bila diperlukan lapisan tanah yang dalam dan kokoh untuk menopang suatu bangunan, maka digunakan pondasi tiang pancang. Pada struktur bertingkat tinggi yang mengalami gaya guling dari beban angin, pondasi tiang bor juga digunakan untuk menopang bangunan yang dapat menangkal gaya angkat ke atas. Tiang-tiang juga dipakai untuk mendukung konstruksi dermaga, dimana tekanan tumbukan kapal yang lewat dan gelombang air berdampak pada tiang. Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud antara lain:

1. Untuk mentransfer beban struktur yang dibangun di atas air atau tanah lembek ke tanah pendukung yg kuat.
2. Meneruskan beban ke tanah yang relatif lembek sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi dapat memberikan dukungan yang cukup dengan adanya gesekan antara sisi tiang dengan tanah di sekitarnya.
3. Bangunan penahan yang mengalami gaya angkat sebagai akibat dari tekanan hidrostatik atau momen guling.
4. Kemampuan menahan gaya horizontal dan miring.



5. Untuk memadatkan tanah berpasir serta meningkatkan daya dukungnya.
6. Untuk menopang pondasi bangunan dengan permukaan tanah yang mudah tererosi.

Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut :

1. Tumpukan perpindahann besar adalah tiang padatatau berongga dengan ujung tertutup yang didorong ke dalam tanah, menyebabkan sejumlah besar perpindahan tanah.
2. Tiang perpindahan kecil yaitu sama seperti tiang kategori pertama, hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil.
3. Tiang pancang yang tidak dipindahkan tiang pancang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor ke dalam tanah.

Dalam mendesain pondasi tiang untuk suatu kontruksi mutlak diperlukan:

- Informasi tanah dasar. Dalam hal ini diperlukan uji sondir dan uji bor utk mendapatkan data tanah.
- Daya dukung tiang tunggal dan tiang kelompok.
- Karena termasuk beban tambahan, analisis gesekan kulit negatif tiang (gesekan kulit negatif) dilakukan.

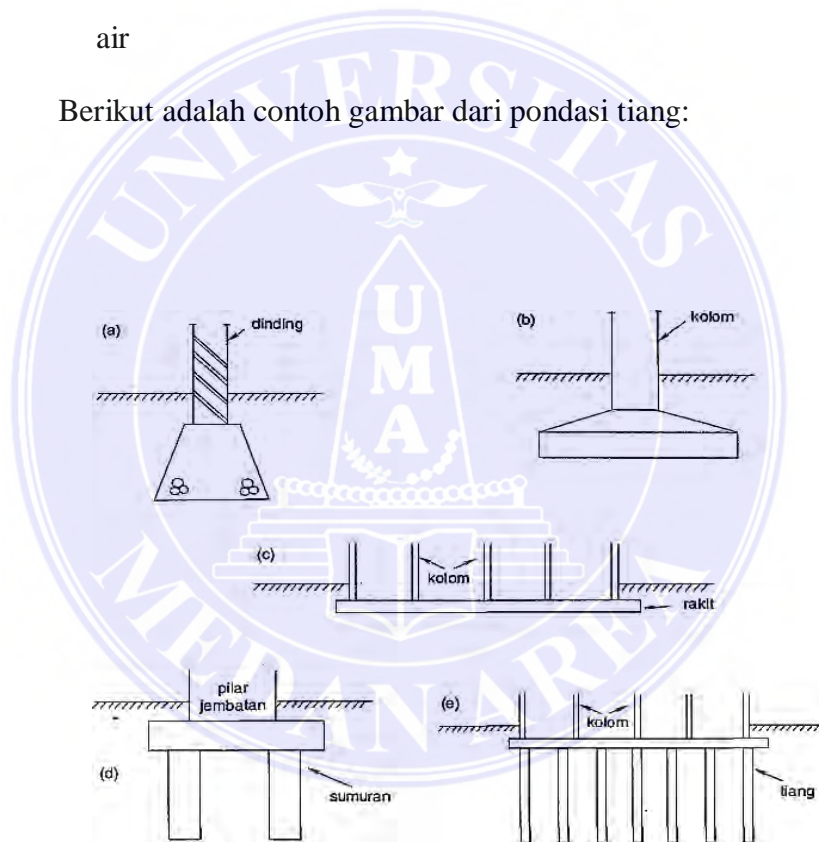
Ada beberapa maksud digunakannya pondasi tiang, antara lain:

- Memindahkan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak ke tanah penyangga yang kuat.
- Memindahkann beban ke tanah yang tidak stabil sampai kedalamann tertentu sehingga pondasi dapat menahan beban secara memadai akibat gesekan antara kulit tiang dengan tanah di

sekitarnya.

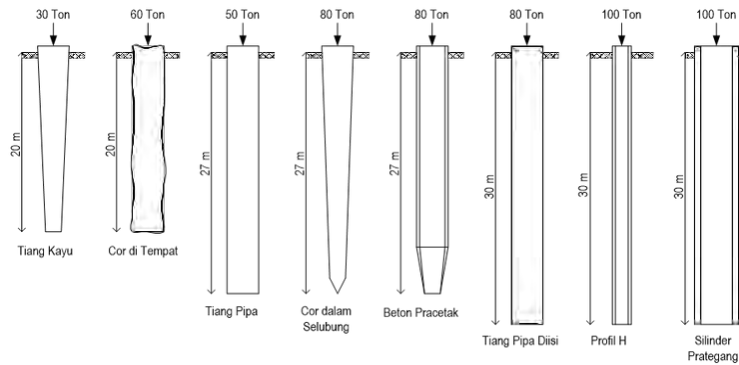
- Penahan struktur yang disebabkan oleh gaya angkat tekanan hidrostatik atau momen guling.
- Untuk menahan gaya lateral dan gaya yang arahnya diagonal.
- Untuk memadatkan tanah yang dominan pasir, sehingga kapasitas dukungnya bertambah.
- Untuk mendukung pondasi yang lapisan tanahnya mudah tergerus air

Berikut adalah contoh gambar dari pondasi tiang:



Gambar 2.6 Pondasi tiang (*pile foundation*)

Sumber: Buku Pondasi Jilid 2, Hardiyatmo (1998)



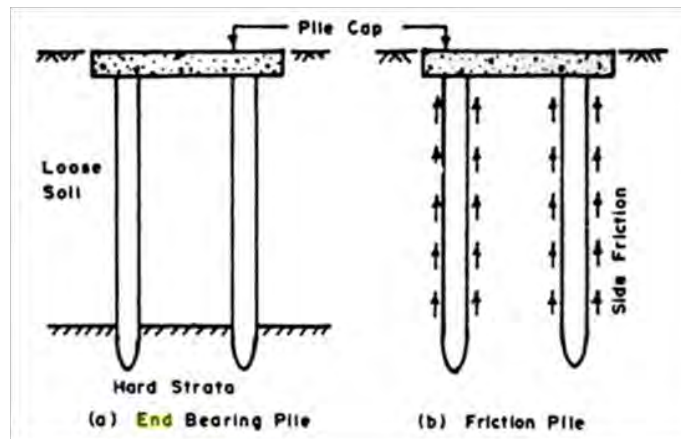
Gambar 2.7 Panjang maksimum dan beban maksimum untuk macam-macam tipe tiang yang umum di lapangan (Carson, 1965)  
(Sumber: Hardiyatmo, H.C. 2008:291)

Spun pile adalah jenis struktur sub-base yang membawa, memindahkan atau mentransfer beban dari superstruktur ke lapisan tanah keras yang dalam. Secara umum, sebagian besar tiang dilapangan didorong langsung ke tanah. Tiang pancang dipancang tegak lurus dengan tanah tetapi jika diperlukan 16 tiang untuk menopang beban horizontal, tiang dapat ditumpuk secara miring (batter piles).

Menurut Sardjono (1996:1), tiang pancang digunakan untuk pondasi bangunan jika tanah dasar di bawah bangunan tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan berat bangunan dan bebannya, atau jika tanah keras mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul beban bangunan. memuat. bobot. Struktur dan bebannya sangat dalam. Berdasarkan metode transfer beban, jenis tiang berikut adanya:

1. Tiang pancang dengan bantalan titik (end bearing piles) Tiang penyangga tiang adalah tiang pancang dengan tahanan ujung yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras melalui ujung pondasi.
2. Tiang gesekan Friction piles adalah tiang yang meneruskan berat bangunan ke tanah melalui gesekan kulit dengan tanah di sekitarnya.

Berikut adalah contoh gambar dari pondasi friction:



Gambar 2.8 Friction pile  
Sumber: Buku Pondasi Jilid 2, Hardiyatmo (1998)

## 2.5 Macam-Macam Pondasi Tiang Pancang

Hal ini dibagi menjadi dua kategori berdasarkan metode mentransfer beban tiang::

- Tiang pancang bantalan ujung (*end bearing piles*), juga dikenal sebagai tiang tahanan ujung. Tiang pancang ini meneruskan beban ke lapisan tanah keras melalui tahanan ujung.
- Friction Pile, tumpukan butiran tanah kasar dan halus. Tiang pancang gesekan dengan butiran tanah kasar sangat permeabel terhadap air (tanah yang sangat permeabel) dan mengirimkan beban ke tanah melalui geser kulit. Sementara itu, penyiraman tiang pancang gesekan dengan butiran tanah halus sangat sulit.

Tiang pancang diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan bahan yang digunakan:

- Tiang terbuat dari kayu
- Tiang pancang beton cor di tempat, khususnya tiang pancang beton

bertulang pracetak dan tiang pancang beton pracetak pracetak.

- Tiang pancang baja.
- Tiang pancang komposite.

### 2.5.1 Tiang Pancang Kayu

Metode tertua menggunakan tiang pancang sebagai pondasi adalah dengan tiang pancang kayu. Jika kayu selalu terendam seluruhnya di bawah permukaan air, maka kayu tersebut akan awet dan tidak membusuk. Penggalan setelah runtuhnya menara (menara lonceng) mengungkapkan bahwa tiang-tiang kayu yang telah dipancang selama ratusan tahun masih dalam kondisi baik. Taruhan kayu akan membusuk atau rusak lebih cepat jika terus-menerus berganti-ganti antara keadaan kering dan basah. Sedangkan pengawetan kayu dan penggunaan obat pengawet hanya akan menunda atau memperlambat kerusakan kayu, tetapi tidak akan melindunginya selamanya.

Akibatnya, pondasi tiang pancang kayu untuk struktur permanen harus selalu lebih rendah dari muka air tanah terendah. Beban yang lebih besar dari 25 hingga 30 ton per tiang biasanya tidak diizinkan saat menggunakan tiang kayu. Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah yang banyak hutannya, seperti di wilayah Kalimantan, dimana balok atau tiang kayu panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar dapat diperoleh dengan mudah untuk digunakan sebagai tiang pancang.

Keuntungan pemakaian tiang pancang kayu:

- Karena tumpukan kayu lebih ringan, mereka lebih mudah diangkut.
- Kuat tariknya tinggi, sehingga pengangkatan untuk pemancangan tidak menimbulkan masalah, seperti yang terjadi pada tiang pancang beton



pracetak.

- Ketika tiang kayu ini tidak bisa lagi masuk ke tanah, cukup mudah untuk memotongnya.
- Karena tegangan tarik relatif rendah, tiang kayu ini berkinerja lebih baik atau sesuai dengan gesekan tiang daripada tiang penyangga ujung.
- Karena tiang kayu ini lebih fleksibel dan ulet dalam arah horizontal daripada tiang lainnya, jika paku-paku ini dikenai beban horizontal yang tidak stabil, tiang kayu ini akan melentur dan segera kembali ke posisi semula setelah beban horizontal dihilangkan.

Kerugian pemakaian tiang pancang kayu yaitu:

- Karena tiang pancang ini harus ditempatkan di bawah muka air tanah terendah untuk bertahan lama, jika muka air tanah terendah sangat dalam, biaya penggalian akan meningkat.
- Tiang pancang kayu memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan dengan jenis tiang pancang lainnya, terutama di daerah yang air tanahnya sering naik dan turun.
- Pancang kayu ini tidak tahan terhadap benda agresif atau jamur penyebab pembusukan.
- Saat berkendara di medan berbatu (kerikil), ujung tumpukan kayu ini bisa berbentuk sapu.

## 2.5.2 Tiang Pancang Beton

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

Tiang pancang jenis ini adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam bentuk beton (bekisting), kemudian diangkat dan

ditanam seperti tiang kayu setelah cukup kuat (keras). Karena tegangan tarik beton rendah dan hampir sama dengann nol, sedangkan berat sendiri beton tinggi, maka tiang pancang beton harus diperkuat dengan tulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan terjadi pada saat pengangkatann dan pemancangann. Karena beratnya yang besar, tiang pancang beton ini biasanya dicetak dan dicor di tempat kerja, sehingga memudahkan pengangkutan.

Tiang pancang ini dapat menopang beban yg lebih berat (lebih dari 50 ton per tiang), tergantung pada dimensinya. Harus diperhitungkan matang-matang saat merencanakan tiang pancang beton karena jika ternyata panjang tiang ini harus disambung, hal ini sulit dan memakan waktu.Keuntungan menggunakan beton precast reinforced concrete pile:

1. Memiliki tegangan tekan yang tinggi, yang ditentukan oleh kualitas beton yang digunakan.
2. Selama decking beton cukup tebal untuk melindungi tulang, tiang betonn tahan lama dan tahan terhadap efek air atau bahann korosif.
3. Karena beton ini tidak berpengaruh pada ketinggian air, maka tidak perlu penggalian yang ekstensif.

Kerugian pemakaiann beton precast reinforced concrete pile:

1. Karna beratnya sangat besar, transportasi akann menjadi mahal dengan demikian, tiang beton pracetak ini dibangun di lokasi pekerjaan.
2. Tiang pancang beton ini baruu ditanam setelah mengeras (menjadi kuat), artinya membutuhkan waktu lama untuk digunakan.
3. Saat pemotongan terjadi, dibutuhkan waktu lebih lama dan lebih sulit.

b) *Cast in place*.

Jenis ini dicor di tempat dengan terlebih dahulu mengebor lubang di tanah, seperti pada pengeboran tanah selama penyelidikan tanah. Pada cast in place ini terdapat dilaksanakan dengan dua cara:

1. Dengan pipa baja didorong ke dalam tanah, kemudian di isi dengan beton yang ditumbuk dan ditarik ke atas.
2. Pipa baja didorong ke tanah dan di isi dengan beton. Sementara pipa baja masih tergeletak di tanah.

### 2.5.3 Tiang Pancang Baja

Penampang tiang baja sebagian besar adalah profil H. Karena tiang pancang ini terbuat dari baja, kekuatannya sangat tinggi dan tidak retak selama pengangkutan dan pemasangan seperti beton pracetak. tiang pancang Jika kita membutuhkan tiang pancang yang panjang dengan ketahanan ujung yang tinggi, tiang pancang baja akan sangat berguna. Tumpukan baja ini rentan terhadap karat (korosi). Karat pada bagian permukaan dasar tiang. Karat pada tiang pancang baja sangat bervariasi tergantung dari tekstur tanah, panjang tiang pancang dalam tanah, dan keadaan kelembaban tanah (moisture content).

- a. Pada tanah bertekstur kasar, karat yang disebabkan oleh sirkulasi udara di dalam tanah hampir identik dengan kondisi karat yang terjadi di udara terbuka (atmosfer).
- b. Dengan tidak adanya oksigen, tanah liat akan menghasilkan tingkat karat yang sebanding dengan yang dihasilkan oleh perendaman dalam air.
- c. Lapisan pasir dalam yang terletak di bawah lapisan tanah padat yang akan mengandung oksigen akan menghasilkan sedikit karat pada tumpukan.

Tumpukan baja, pada umumnya berkarat di bagian atas dekat dengan tanah. Hal ini disebabkan kondisi lapisan tanah yang aerasi (udara dalam pori tanah) dan adanya bahan organik dari air tanah. Hal ini dpt dihindari dengan memoles tiang baja dengan tar dan selubung beton minimal 20" (60cm) di bawah muka air tanah terendah. Pengecatan struktur baja biasa dapat mencegah karat dan korosi yang disebabkan oleh udara (atmosphere corrosion) pada bagian tiang terletak di atas tanah. Menurut penyelidikan ahli tanah yang dapat menyebabkan karat antara lain:

- Tanah rawa
- Tanah payau dan tanah yang mengandung alkali.

Penyimpanan batubara, asam, sisa-sisa terak, abu, alkali dalam tanah, dan limbah dari industri dan tambang adalah contoh bahan tanah yang dapat menyebabkan karat.

#### 2.5.4 Tiang Pancang Komposite

Tiang komposit merupakan tiang yang terdiri dari 2 bahan berbeda yang bekerja sama untuk membentuk 1 tiang. Beton dan kayu, serta beton dan baja, dapat digunakan untuk membuat tiang komposit. Terkadang pondasi tiang pancang dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bawah tiang dengan bahan yang berbeda, seperti beton di atas permukaan air dan kayu tanpa perawatan dibagian bawah. Karena biaya dan kesulitan yang terlibat dalam membangun sambungan, metode ini sebagian besar diabaikan. Masalah sambungan segmen adalah ikatan antara dua bahan, terutama kayu dan beton, sehingga jenis ini tidak lagi digunakan. Baja dan beton memiliki ikatan yang sangat kuat. Composite pile ini terdiri dari beberapa jenis, yaitu

a. *Water proofed steel pipe and wood pile.*

Bagian bawah muka air tanah terbuat dari tumpukan kayu, dan bagian atasnya terbuat dari beton. Jika tiang dikenai gaya horizontal yang konstan, titik sambungan akan gagal.

b. *Composite dropped in - shell and wood pile.*

Tiang komposit dengan cangkang dan tiang kayu mirip dengan pipa baja tahan air dan tiang kayu, kecuali tiang jenis ini menggunakan cangkang logam tipis dengan alur spiral di permukaannya.

c. *Composite unged – concrete and wood pile.*

Dasar pemilihan tiang ini adalah :

1. Karena lapisan tanah keras terkonsentrasi di satu lokasi, tiang beton cor di tempat bukanlah pilihan. Sedangkan jika menggunakan tiang pancang beton pracetak akan terlalu lama dan sulit untuk diangkut, serta lebih mahal.
2. Karena muka air tanah terendah begitu dalam, penggunaan tiang pancang kayu akan membutuhkan penggalian yang sangat besar untuk memastikan bahwa tiang pancang selalu berada di bawah muka air tanah terendah.

## 2.6 Tanah

Ilmu tanah, menurut beberapa ilmuwan tanah, dibagi menjadi dua cabang besar:

### 1. Pedologi

Penelitian ini melihat tanah sebagai objek geologi. Deskripsi tanah



(inventarisasi sifat dan perilaku tanah); genesis tanah (asal dan perkembangan tanah); sistematis (klasifikasi tanah berdasarkan pedogenesis, distribusi, dan fungsi); dan ekologi tanah adalah semua komponen pedologi (tanah sebagai lingkungan tumbuh-tumbuhan, ternak, dan pertumbuhan manusia).

## 2. Edafologi

Kesuburan tanah adalah ilmu yang mempelajari tentang tanah sebagai sumber kehidupan. Edapologi (ilmu tanah terapan) berkaitan dengan penggunaan tanah dalam pertanian, silvikultur, & hortikultura; memahami kesuburan tanah dalam rangka meningkatkan dan mempertahankan kesuburan (produktivitas). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (Departemen Pendidikan Kebudayaan, 1994) tanah dapat diartikan.

1. Permukaan bumi atau lapisan bumi di atas sekali.
2. Keadaan bumi di lokasi tertentu.
3. Permukaan bumi yang dibatasi.
4. Bahan material bumi, bumi sebagai material (pasir, batu, dll).

Tanah berfungsi sebagai media tumbuh bagi tanaman. Tanah dapat menyediakan air dan berbagai unsur, baik mikro maupun makro. Tanah juga dapat mensuplai oksigen (O<sub>2</sub>) untuk pertumbuhan tanaman. Tanaman didukung oleh tanah. Akar harus tumbuh dengan baik agar dapat menyerap berbagai unsur di dalam tanah dan menopang tanaman dengan baik.

Tanah berfungsi sebagai habitat organisme hidup dan mikroorganisme, termasuk manusia. Tanah juga merupakan habitat bagi berbagai jenis vegetasi

yang hidup di atasnya. Tanah dapat berfungsi sebagai penyanggah atau sistem penyangga. Dengan kata lain, jika ada senyawa beracun atau pencemaran di dalam tanah, maka tanah akan secara otomatis menyaring atau menetralkan bahan / senyawa tersebut. Fungsi umum tanah, yaitu:

1. Lokasi dimana akar tanaman dapat tumbuh dan berkembang.
2. Penyedia kebutuhan primer bagi tumbuhan  
(air, udara, dan unsur hara).
3. Penyediaan kebutuhan tanaman sekunder (zat pemacu pertumbuhan: hormon, vitamin, dan asam organik antibiotik dan racun anti hama; enzim yang dapat meningkatkan ketersediaan hara).
4. Sebagai habitat biota tanah, baik yang berdampak positif karena terlibat langsung maupun tidak langsung dalam menyediakan kebutuhan primer dan sekunder tanaman tersebut, maupun yang berdampak negatif karena merupakan hama dan penyakit tanaman.
5. Lokasi konstruksi untuk berbagai infrastruktur, termasuk rumah, kantor, supermarket, jalan, terminal, stasiun, dan bandara.
6. Sebagai platform untuk berdiri tegak dan mengistirahatkan tanaman.
7. Fungsi berikut adalah untuk memasok dan menyimpan air untuk tanaman.

Jenis-jenis tanah untuk bangunan konstruksi:

#### 1. Tanah Padas

Kepadatan tanah padat sangat tinggi. Strukturnya terbuat dari batuan induk yang lapuk dengan sedikit atau tanpa kandungan organik tanah.

Hal ini karena air di lapisan atas telah menghilangkan mineral di dalam

tanah.

## 2. Tanah Cadas Batu

Ini adalah kumpulan butiran mineral alami yang terjalin erat dan kuat, membuat pemisahan menjadi sulit. Tanah, di sisi lain, adalah kumpulan butiran mineral alami yang tidak melekat atau hanya melekat secara longgar, sehingga sangat mudah untuk dipisahkan, sedangkan batuan yaitu transisi antara batu dan tanah. Tekstur batuanya sangat kuat namun sulit menyerap air, sehingga tidak cocok untuk sektor pertanian. Pondasi infrastruktur bangunan skala besar, seperti gedung bertingkat, terbuat dari tanah batu. Batuan dapat ditemukan di hampir setiap dari 24 lokasi di Indonesia.

## 3. Tanah Pasir

Tanah pasir terdiri dari partikel-partikel besar. Tanah ini terdiri dari batuan beku dan sedimen dengan butiran besar dan kasar, juga dikenal sebagai kerikil. Tanah berpasir memiliki kapasitas serap air yang rendah karena sebagian besar terdiri dari partikel berukuran 0,02 hingga 2 mm. Pemilihan tanah berpasir untuk bangunan memiliki dampak yang signifikan terhadap ketahanan bangunan. Masalah yang sering muncul saat menggunakan tanah berpasir untuk bangunan adalah pengendapannya tidak merata.

## 4. Tanah Humus

Pelapukan daun dan batang pohon menghasilkan tanah humus. Tanah ini sangat subur dan cocok untuk bercocok tanam. Tanah humus sangat baik untuk berkebun. Humus biasanya berwarna gelap dan ditemukan

terutama di lapisan tanah atas, membuatnya tidak stabil, terutama ketika suhu, kelembaban, dan rezim aerasi berubah. Humus yang koloid seperti lempung tetapi amorf, memiliki luas permukaan dan kapasitas adsorpsi yang jauh lebih besar daripada lempung, dengan kapasitas tukar kation 150-300 me/100 g dibandingkan dengan lempung 8-100 me/100 g. Humus memiliki kemampuan untuk meningkatkan unsur hara yang tersedia seperti Ca, Mg, dan K. Humus juga merupakan sumber energi bagi mikroorganisme dan memberikan warna gelap pada tanah.

#### 5. Tanah Aluvial (Tanah Endapan)

Tanah aluvial terdapat di dataran rendah dan terbentuk dari endapan lumpur sungai. Tanah ini sangat ideal untuk pertanian karena juga sangat subur. Jenis tanah ini dapat ditemukan di bagian timur Sumatra, Jawa, dan Papua. Tanah aluvial memiliki keunggulan memperlancar irigasi, berfungsi sebagai lahan pertanian, menyimpan cadangan air, dan memudahkan dalam mengolah lahan untuk penanaman dan pertanian.

Genesis tanah yaitu ilmu yang mempelajari proses pembentukan tanah yang dimulai dari bahan induknya. Banyak faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah, tetapi hanya lima yang dianggap penting, yaitu:

- Iklim

Iklim memainkan peran penting dalam pembentukan tanah. Intensitas reaksi kimia dan fisika dalam tanah sangat dipengaruhi oleh suhu dan curah hujan. Laju reaksi menjadi dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu 100°C. Reaksi mikroorganisme Hal ini juga sangat dipengaruhi oleh suhu tanah. Karena adanya curah hujan dan suhu yang tinggi di

daerah tropis, maka reaksi kimia terjadi dengan cepat sehingga menyebabkan proses pelapukan dan pencucian berlangsung dengan cepat. Akibatnya, banyak tanah di Indonesia mengalami pelapukan lanjut, tingkat nutrisi rendah, dan reaksi asam. Karena pencucian kurang intensif di daerah dengan iklim yang lebih kering, seperti Indonesia bagian timur, tanahnya kurang asam dan memiliki tingkat basa yang lebih tinggi.

- Organisme

Organisme memiliki dampak yang signifikan pada proses pembentukan tanah. Aktivitas organisme di dalam tanah memiliki pengaruh yang kuat terhadap akumulasi bahan organik, siklus hara, dan pembentukan struktur tanah yang stabil. Selanjutnya, nitrogen dapat diikat ke dalam tanah dari udara oleh mikroorganisme yang hidup di dalam tanah sendiri atau bersimbiosis dengan tanaman. Demikian pula, vegetasi yang tumbuh di tanah dapat bertindak sebagai penghalang erosi, mengurangi jumlah tanah permukaan yang hilang.

Pengaruh jenis vegetasi terhadap sifat tanah sangat nyata di daerah beriklim sedang seperti Eropa dan Amerika. Karena banyaknya bahan organik yang ditinggalkan oleh akar dan sisa rumput, vegetasi hutan menghasilkan tanah hutan merah, sedangkan vegetasi rumput menghasilkan tanah hitam. Kandungan unsur kimia tanaman sangat berpengaruh terhadap sifat tanah. Kation logam seperti Ca, Mg, dan K lebih rendah pada spesies cemara daripada pada tanaman berdaun lebar, dimana rumput mengandung lebih banyak basa. Akibatnya,



tanah dibawah pohon pinus biasa nya lebih asam dari pada tanah di bawah pohon jati, dan seterusnya.

- Bahan induk

Bahkan di tanah lembab yang telah mengalami pelapukan ekstensif, sifat bahan induknya masih dapat di lihat. Tanah bertekstur berpasir, misalnya, adalah hasil dari kandungan pasir bahan induk yang tinggi. Komposisi kimia dan mineral bahan induk tidak hanya mempengaruhi intensitas pelapukan tetapi juga jenis vegetasi alami yg tumbuh di atasnya. Kehadiran batu kapur di daerah lembab mengurangi keasaman tanah. Selanjutnya, vegetasi yang hidup di atas tanah yang berasal dari batu gamping biasanya mengandung banyak basa di lapisan tanah atas melalui serasah vegetasi, memperlambat proses pengasaman tanah.

- Topografi

Topografi adalah variasi ketinggian atau bentuk suatu daerah, termasuk variasi kecuraman dan bentuk lereng. Relief mempengaruhi proses pembentukan tanah dengan cara berikut:

1. Mempengaruhi jumlah air hujan yang diserap atau ditahan oleh massa tanah.
2. Mempengaruhi kedalaman air tanah,
3. Mempengaruhi besarnya erosi, dan
4. Mempengaruhi pergerakan air dan bahan terlarut di dalamnya.

Topografi (bentuk wilayah atau relief) suatu wilayah dapat memperlambat atau mempercepat pengaruh iklim. Efek iklim kurang

terasa di daerah datar atau cekung dimana air tidak mudah dikeluarkan dari tanah yang menggenang, dan tanah abu-abu atau sangat berkarat terbentuk sebagai akibat dari genangan air.

- Waktu

Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk membentuk tanah bervariasi.

Tanah yang terbentuk dari batuan keras membutuhkan waktu lebih lama untuk terbentuk daripada tanah yang terbentuk dari bahan induk

lepas. Tanah muda dapat terbentuk dalam waktu kurang dari 100 tahun dari bahan induk vulkanik yang lepas seperti abu vulkanik.

Tanah dewasa dapat terbentuk dalam 1.000 hingga 10.000 tahun, terbukti dengan berkembangnya 27 tanah Spodosol di Alaska dari bahan induk berpasir (1.000 tahun) & tanah Molisol di Amerika Serikat dari bahan induk gembur (10.000 tahun).

Tanah tersebut terbentuk dari abu letusan Gunung Krakatau pada tahun 1883, yang membentuk horizon A setebal 25 cm selama 100 tahun (1883-1983), terutama di mana tidak terjadi erosi. Horizon A hanya setebal 5 cm atau kurang di tempat yang terjadi erosi (Hardjowigeno, et al, 1983). Perlu dicatat bahwa laju perkembangan tanah tidak sama dengan laju pelapukan tanah. Tingkat perkembangan tanah dikaitkan dengan pembentukan horizon tanah, sedangkan tingkat pelapukan tanah dikaitkan dengan pelapukan mineral di dalam tanah. Tanah muda dengan horizon A dan C baru dapat mengalami pelapukan ringan jika berasal dari bahan induk baru seperti abu vulkanik, tetapi juga dapat mengalami pelapukan lanjut jika berasal

dari bahan induk atau bahan induk yang telah mengalami pelapukan lanjut di tempat lain. Perkembangan tanah dapat terhambat oleh kekeringan dan erosi. Dalam periode waktu yang sama (umur yang sama), tanah di satu lokasi mungkin telah berkembang lebih lanjut, sedangkan di tempat lain, di mana iklimnya kering atau tanahnya terus-menerus terkikis, tanahnya mungkin tidak berkembang.

Akibatnya umur tanah tidak dapat ditentukan dengan umurnya (dalam tahun), tetapi harus ditentukan oleh tingkat perkembangan horizon tanah yang ada. Proses perkembangan tanah dimulai dengan cepat, tetapi seiring bertambahnya usia, proses ini menjadi sangat lambat. Proses pembentukan tanah terbentuk oleh pelapukan batuan dengan bantuan organisme, menghasilkan pembentukan tubuh yang berbeda menutupi batuan. Pembentukan tanah juga disebut sebagai "pedogenesis." Proses unik ini menciptakan tanah sebagai tubuh alami yang terdiri dari beberapa lapisan, atau sebagai cakrawala tanah. Setiap horizon menggambarkan asal-usul tubuh tanah serta proses kimia, fisika, dan biologis yang telah dialaminya. Menurut Hans Jenny, seorang ahli Swiss yang bekerja di Amerika Serikat, tanah terbentuk dari bahan utama yang telah dimodifikasi dari waktu ke waktu karena dinamika faktor iklim, organisme (termasuk manusia), dan relief permukaan bumi (topografi).). Berbagai jenis tanah terbentuk sebagai akibat dari dinamika kelima faktor tersebut, dan klasifikasi tanah dapat dilakukan. Tanah terbentuk sebagai hasil pelapukan batuan organik & anorganik. Pelapukan dapat

diklasifikasikan menjadi 3 jenis: pelapukan fisik (mekanik), pelapukan kimia, dan pelapukan biologis.

- Pelapukan Fisik (Mekanis)

Pelapukan fisik adalah proses dimana batuan (batuan dasar) terfragmentasi menjadi butiran dan kemudian menjadi tanah. Proses ini dicontohkan dengan membekukan air di pagi hari (pada malam hari atau saat hujan) dan mencairkan air dikemudian hari (saat panas). Pertumbuhan tanaman alar juga menyebabkan fragmentasi batuan bawah tanah.

- Pelapukan Kimia

Pelapukan kimia adalah perusakan kimiawi bahan mineral dari batuan yang disebabkan oleh fragmentasi batuan yang disebabkan oleh reaksi air dan udara dalam batuan. Salah satu contoh pelapukan adalah pelarutan batu gamping oleh air, yang mengakibatkan terbentuknya stalaktit yang menggantung di lubang gua atau terbentuknya dolina (cekungan) dan sungai bawah tanah.

- Pelapukan Biologis

Pelapukan berupa perusakan hewan, seperti rayap, cacing, dan tikus.

## 2.7 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah yaitu kemampuannya menahan beban kerja yang disalurkan melalui pondasi. Banyak metode analisis daya dukung tanah tunggal atau kelompok telah diteliti, dikembangkan, dan diterapkan secara luas di bidang geoteknik, khususnya dalam perencanaan pondasi tiang pancang, seperti metodee

analisis data lapangan dan metode statik. Data besarnya daya dukung tanah yang diperlukan untuk menerima beban diperlukan selama tahap konstruksi suatu struktur bangunan.

Untuk menghitung dan merencanakan dimensi pondasi yang dapat menopang beban struktur yang akan dibangun, maka daya dukung tanah harus diketahui. Jika daya dukung tanah tidak mampu menerima beban dari struktur yang direncanakan, kita dapat melakukan perawatan tertentu dengan menggunakan data daya dukung tanah yang diketahui untuk meningkatkan nilai daya dukung tanah ke nilai yg di inginkan.

Penimbunan kembali dan pemadatan adalah dua perlakuan khusus untuk menentukan daya dukung tanah. Salah satu persyaratan teknis untuk memperoleh IMB di beberapa kota besar di Indonesia adalah data daya dukung tanah (Izin Mendirikan Bangunan). Tidak hanya struktur besar yang diperlukan untuk melakukan penyelidikan tanah untuk menentukan daya dukung tanah, tetapi struktur bangunan kecil, seperti ruko, rumah lantai, dan struktur lainnya, juga diperlukan untuk melakukan penyelidikan tanah.

Penyelidikan tanah umumnya dilakukan dengan menggunakan uji SPT utk penyelidikan tanah dalam (> 20m) dan sondir untuk mengetahui daya dukung tanah dangkal (ada banyak metode analisis daya dukung tanah tunggal dan kelompok yang telah diteliti dan dikembangkan. dan banyak diterapkan di bidang geoteknik dan khususnya di bidang rekayasa geoteknik). Metode analisis berdasarkan data lapangan dan metode statistik digunakan dalam perencanaan pondasi tiang pancang.

Di lapangan, Uji Penetrasi Standar (SPT) dapat digunakan untuk



mengetahui daya dukung tanah dengan mendapatkan nilai “N” dari pengujian ini, dilanjutkan dengan pengujian Sondir, Cone Penetrasi, dan pengujian laboratorium (Laboratory Test), semua diantaranya menghasilkan nilai daya dukung tanah yang dijadikan acuan dalam menghitung daya dukung pondasi lapangan, dan khususnya dalam rekayasa geoteknik). Metode analisis berdasarkan data lapangan dan metode statistik digunakan dalam perencanaan pondasi tiang pancang.

Menurut Joseph E. Bowles, Standard Penetrasi Test (SPT) adalah metode yang paling ekonomis dan populer untuk memperoleh informasi dari bawah permukaan bumi. Standard Penetration Test (SPT) adalah salah satu pengujian lapangan yang sangat populer di Indonesia. Pertama kali di gunakan adalah pada tahun 1927, dan sejak itu telah digunakan setiap hari.

Tes SPT ini dilakukann dengan cara yang sederhana dan lugas sehingga tidak diperlukan keahlian khusus. Tes penetrasi standar palingg sering digunakan untk mengukur kepadatan relatif tanah granular dalam buku "Dasar-dasar Analisis Geoteknik." Meskipun pengujian ini kadang digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah kohesif korelasi nya tidak terlalu kuat. Beberapa di dapat jumlah pukulan yang diperoleh, jadi sangat penting untuk berhati-hati saat mengevaluasi hasil tes.

Pengujian bor adalah pengujian lapangan yang terbaik dan paling akurat untuk semua jenis tanah dan diperlukan untuk pengujian lainnya, tetapi mahal, berat (membutuhkan alat transportasi yang memadai), serta membutuhkan waktu lama untuk menyelesaikannya dan tidak cocok untuk bangunan sederhana. Setiap pelaksanaan test boring selalu di ikuti dengan uji penetrasi baku (SPT), yang perlu diperhatikan adalah faktor yg mempengaruhi harga N-SPT yaitu:

1. Jumlah energi yang mencapai sampler, ditentukan oleh: jenis hammer, jenis dan panjang rod, variasi tinggi jatuh palu, jumlah lilitan tali dan umur tali.
2. Kondisi tegangan tanah dasar lubang bor, ditentukan oleh kelalaian menjaga tekanan hidrostatik, tinggi air diluar dan di dalam harus sama; metode pengeboran dan stabilisasi dinding, serta diameter dinding.
3. Faktor seperti: pembersihan dasar lubang bor, kelalaian menghitung jumlah tumbukan dan pemakaian sampler yang sudah rusak.

Mengetahui jenis tanah pada lokasi dimana bangunan akan didirikan merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi sebelum membangun suatu struktur. Mengetahui jenis tanah memungkinkan untuk analisis stabilitas dan perhitungan desain pondasi, serta pengetahuan tentang respon seismik lokasi, untuk merancang bangunan tahan gempa.

Daya dukung tiang dapat dihitung dengan menggunakan metode statis dan dinamis. Daya dukung tiang dihitung secara statis menggunakan teori mekanika tanah yaitu dengan mempelajari sifat teknis tanah, sedangkan perhitungan dinamis dilakukan dengan menganalisis daya dukung ultimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang. Dua jenis pondasi yang akan diperhitungkan dalam perencanaan pondasi ini adalah pondasi bor dan pondasi tiang bor dengan material beton bertulang.

Daya dukung pondasi dihitung menggunakan data lapangan dan data laboratorium dari laporan penyelidikan tanah. Statigrafi setiap lokasi pengeboran dan generalisasi profil lapisan tanah dapat membantu menentukan kedalaman tiang bor. Tujuannya untuk mengetahui keadaan lapisan tanah dan kekuatan tanah

pada lokasi tersebut. Dalam hal ini, daya dukung tiang bore pile akan dihitung dengan menggunakan dua metode yaitu metode Mayerhoff serta metode Aoki dan de Alencer.

Pada umumnya Persamaan yang diterapkan pada analisis daya dukung tiang berdasarkan SPT adalah sebagai berikut:

$$Q_{ult} = \mu_b \times N_b \times A_b \times \mu_s \times N \times A_s$$

Dimana :

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

$A_b$  = Luas penampang ujung tiang

$A_s$  = Luas selimut tiang

$N_b$  = Nilai SPT pada ujung tiang

$\mu_{b,s}$  = Nilai koefisien perlawanan ujung dan selimut tiang

$N$  = Nilai rerata SPT sepanjang tiang

Pada penerapan proses perencanaannya, koreksi nilai  $N$  sebagai berikut:

$$N_b = 0,5 \times (N_1 + N_2) < 40$$

$N_1$  = Nilai SPT pada ujung tiang

$N_2$  = Nilai SPT rerata dari ujung tiang hingga  $4D$  diatas ujung tiang.

Untuk tanah pasir yang sangat halus (fine sand) atau tanah pasir kelanauan (silty sand) yang terletak di bawah muka air tanah, nilai SPT cenderung lebih tinggi disebabkan oleh rendahnya permeabilitas. Oleh sebab itu, nilai  $N$  SPT dikoreksi sebagai berikut:

$$N^* = 15 + 0,5x (N - 15)$$

Dimana:  $N^*$  : Nilai SPT terkoreksi

( $N^* \geq 15$ )  $N$  : Nilai SPT asli di lapangan

Didalam perencanaan pondasi tiang pancang (pile), data tanah geser sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (bearing capacity) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas ultimit dari tiang pancang. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s \quad (1)$$

Keterangan :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang

$Q_b$  = Kapasitas tahanan di ujung tiang

$Q_s$  = Kapasitas tahanan kulit

$q_b$  = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas

$A_b$  = Luas di ujung tiang

$f$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas

$A_s$  = Luas kulit tiang pancang

## 2.8 Metode Mayerhoff

Mayerhoff mengembangkan formula untuk memperhitungkan kondisi tanah yang tidak homogen dimana lapisan tanah pertama selalu lebih kuat dari lapisan tanah kedua pada tahun 1978. Teori daya dukung Mayerhoff (1974) mirip dengan teori Terzaghi dalam menghitung tegangan geser tanah di bawah kaki pondasi. Mayerhoff, di sisi lain, mengasumsikan bahwa mekanisme keruntuhan meluas ke

atas menuju permukaan tanah. Schretmann merekomendasikan rumus daya dukung tiang bor tiang berikut untuk berbagai jenis tanah dan jenis tiang:

Untuk jenis tanah dan jenis tiang yang berbeda, Schretmann menganjurkan formula daya dukung untuk tiang bore Pile, sebagai berikut:

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

Dimana :

$Q_{ult}$	= daya dukung ultimate (ton)
$Q_p$	= daya dukung ujung tiang (ton)
$Q_s$	= daya dukung selimut tiang (ton)
$NSP$	= nilai NSPT rata-rata pada zona 4D di bawah ujung tiang dan 8D di atasnya
$c$	= konstanta jenis tanah
$A_p$	= luas penampang dasartiang ( $m^2$ )
$A_s$	= luas penampang selimut ( $m^2$ )
$N_b$	= nilai NSPT rata-rata sepanjang tiang
$D$	= diameter pondasi
$n$	= jumlah lapisan tanah
$t$	= tinggi tiang

Untuk tiang dengan desakan tanah yang seperti tiang bor, maka kapasitas izin tiang. Sehingga menjadi:

$$Q_{izin} = Q_{ult} / SF$$

## 2.9 Metode Aoki de Alencer

Aoki dan De Alencer mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas daya



dukung ultimit dari daata sondir. Kapasitas daya dukung persatuan luas (qb) diperoleh sebagai berikut (dalam jurnal Gunawam, 2014):

$$qca (base) Fb \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan,

Qca (base) = perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang  
 1,5D dibawah ujung tiang Fb adalah faktor empirik  
 tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut:

$$f = qc (side) \alpha s Fs \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan,

Qca (base) = perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan  
 sepanjang tiang.

Fs = Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada  
 tipe tiang.

Fb = Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung  
 pada tipe tiang.

Tabel 2.1 Faktor empiric Fb dan Fs

Tipe Tiang Pancang	Fb	Fs
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Betong Pratekan	1,75	3,5

Sumber : Titi & Farsakh,1999

Pada umumnya nilai  $\alpha$ s untuk pasir = 1,4 persen, nilai  $\alpha$ s untuk lanau = 3,0persen  
dan nilai  $\alpha$ s untuk lempung = 1,4 persen



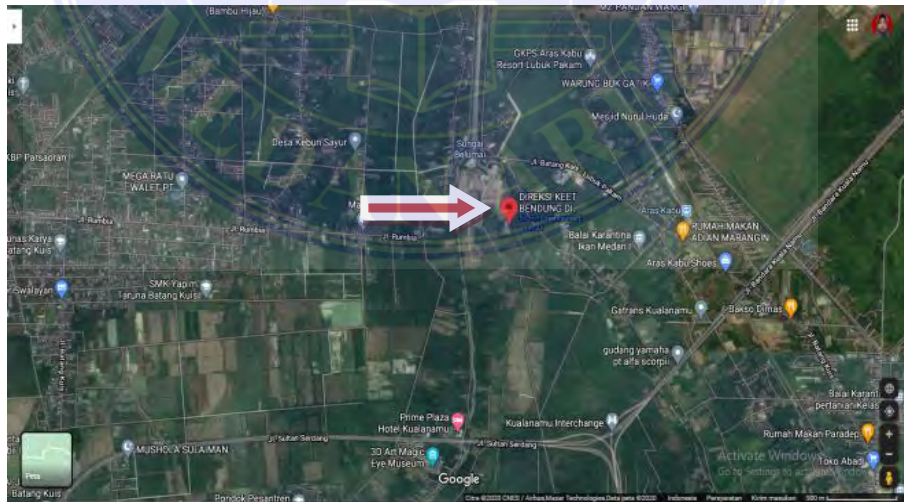
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Deli Serdang. Kabupaten Deli Serdang merupakan salah satu kabupaten di Pantai Timur Sumatera Utara, terletak antara 2° 57" Lintang Utara dan 3° 16" Lintang Selatan dan 98° 33" - 99° 27" Bujur Timur dengan ketinggian 0-500 m di atas permukaan laut dan seluas 2.497,72 km<sup>2</sup> atau 3,48 persen dari luas provinsi. Kabupaten Deli Serdang secara administratif dibatasi oleh:

- a. Di sebelah utara, ada Kabupaten Langkat dan Selat Malaka.
- b. Di sebelah selatan terdapat Kabupaten Karo dan Kabupaten Simalungun.
- c. Di sebelah timur terdapat Kabupaten Serdang Berdagai.
- d. Di sisi barat terdapat kabupaten Karo dan Langkat.



Gambar 3.1 denah lokasi proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang  
Sumber: Google Earth 2022

### 3.2 Tahapan Penelitian

Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang menjadi subyek penelitian ini. Peneliti menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut untuk mendapatkan data yang relevan dengan masalah yang diteliti atau yang akan dibahas:

#### 1. Data Primer

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi lapangan.

Selain pendataan di dokumentasi lapangan, sehingga dapat diketahui kondisi sebenarnya di lapangan mengenai apa yang telah dilakukan dan kondisi daya dukung pondasi. Data sekunder berasal dari sumber selain yang pertama, kedua, atau ketiga. Penelitian kuantitatif juga merupakan pengecualian. Beberapa peneliti mengutip literatur/teks akademik, dan dokumen lainnya.

Karena dokumen biasanya ditulis oleh pihak ketiga daripada informan penelitian, seperti jurnalis atau penulis skenario, data yang digunakan tidak harus dari tangan pertama. Sebuah dokumen biasanya digunakan sebagai contoh data sekunder. Harap diingat bahwa ini tidak selalu akurat, karena tergantung pada pencarian. Jadi penulis menggunakan data SPT sebagai data primer yang di dapatkan dari pihak Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang

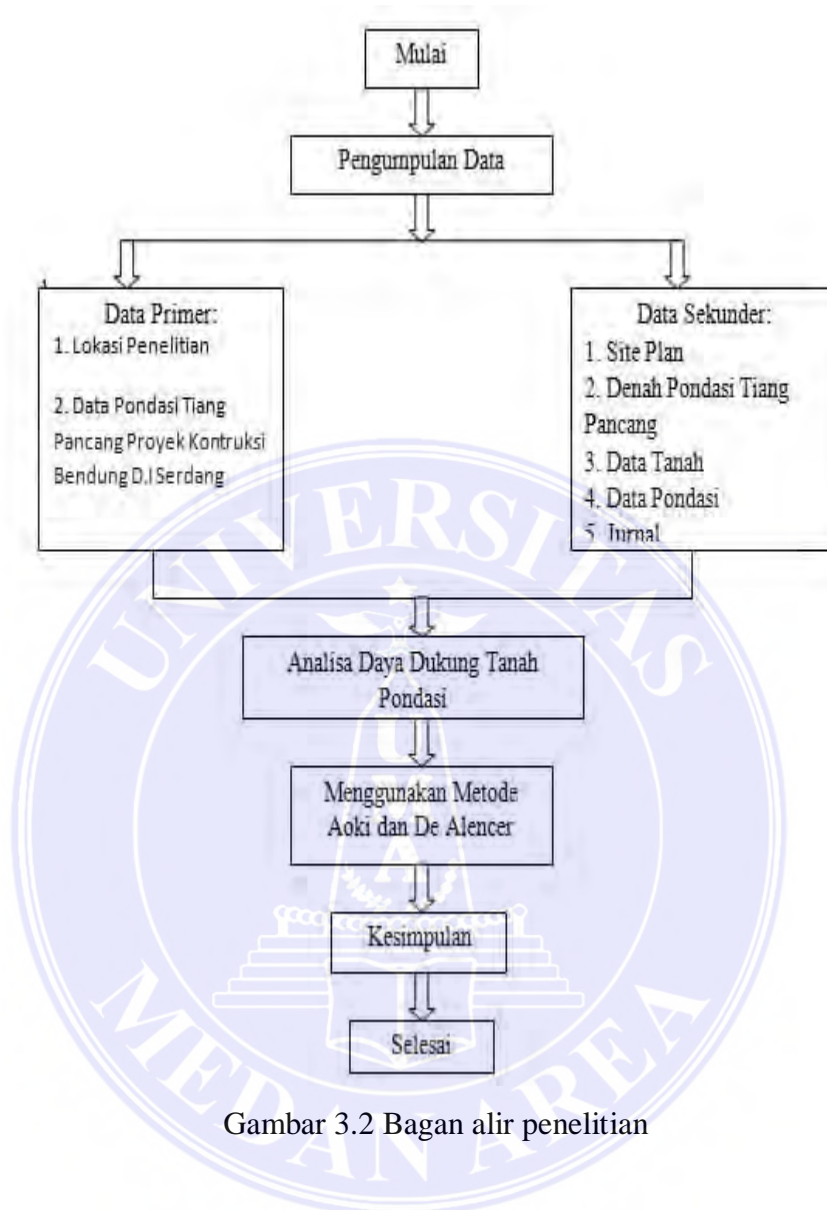
## 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data dokumen yang telah dianalisis secara tidak benar, seperti dalam pencarian menggunakan desain pencarian analisis pidato. Dengan kata lain, proyek penelitian harus dipertimbangkan ketika mendefinisikan data sekunder. Data atau gambar diperoleh dari kontraktor dan organisasi lain yang terlibat dalam Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang. Hasilnya, para peneliti mengumpulkan informasi berikut:

- a. Teknik perpustakaan digunakan untuk mengumpulkan informasi dan data teori yang berkaitan dengan materi pelajaran dari buku, bahan kuliah, majalah konstruksi, media internet, dan media cetak lainnya.
- b. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan data dalam penelitian ini, yang diperlukan untuk melengkapi data yang akan dianalisis. Data pondasi ini diperlukan untuk menentukan daya dukung tanah, sehingga akan berguna nantinya saat menganalisis perhitungan.



Berikut merupakan tahapan penelitian (bagan alir penelitian):



Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

### 3.3 Tahapan Analisis

Setelah semua data terkumpul, selanjutnya dilakukan analisis data sebagai berikut:

1. Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi
2. Perbandingan Metode Perhitungan Mayerhoff dan Aoki De Alencer

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa hasil dari perhitungan daya dukung dari metode mayerhoff lebih besar daripada metode Aoki dan De Alencer, maka metode mayerhoff lebih efisien daripada metode Aoki de Alencer.

#### 5.2 Saran

Berikut ini penulis usulkan berdasarkan hasil analisis perhitungan daya dukung tanah pada Bendungan D.I Serdang :

1. Dalam penelitian ini, 5 titik log bore tiang tunggal digunakan untuk menghitung tiang kelompok dalam perhitungan pondasi.
2. Kita harus memperoleh data teknis yang lengkap sebelum melakukan perhitungan karena data tersebut memiliki dampak yang signifikan terhadap perencanaan analisis perhitungan.
3. Periksa apakah data teknis konsisten dengan metode yang digunakan sehingga kesalahan perhitungan diminimalkan.

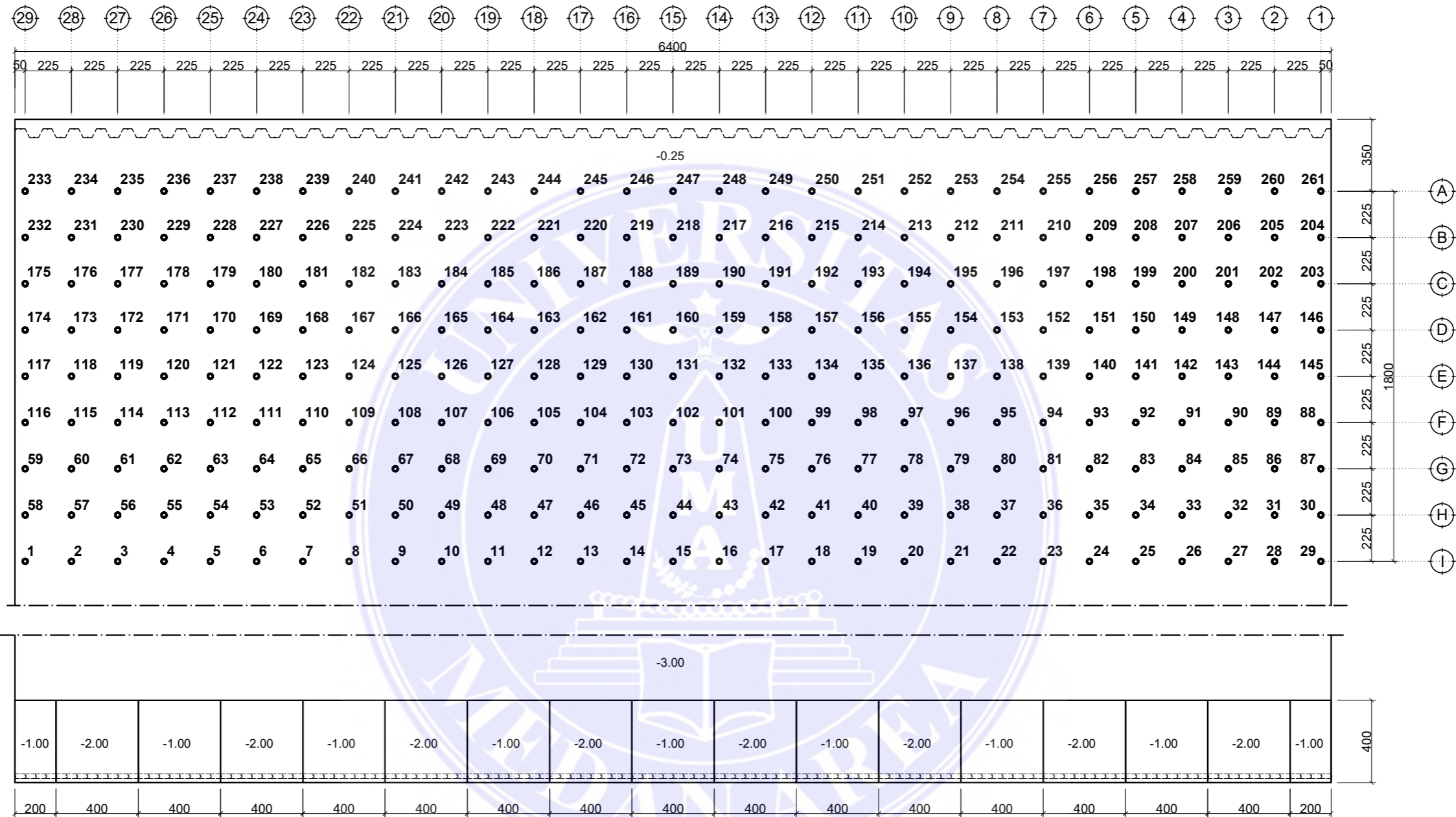
## DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. 2002, *Teknik Pondasi II, Edisi keempat*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2015, *Analisis dan Perancangan Pondasi II*, Edisi Ketiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- M. Das Braja, 2011, *Editorial. Traducido del libro Principles of Foundation, Cengage Learning*, Meksiko.
- Sardjono, H.S, 1988, *Pondasi Tiang Pancang, jilid 1*, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Sardjono, H.S, 1988, *Pondasi Tiang Pancang, jilid 2*, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya
- Setiyo, D.dkk. (2019). *Analisa Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Tiang Pancang pada Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi. Jurnal Civronlit Unbari, 4(2), Oktober 2019, pp.80-92*, 80-92.
- Suyono Sosrodarsono, Ir. Kazuto Nakazawa, 1998, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tanjung, D. (2018). *Pengaruh Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gis (Gas Insulated Switch Gear) Di Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru. Buletin Utama Teknik Vol. 14, No. 1, September 2018*, 14, 41-47.



## LAMPIRAN





**DENAH TITIK PANCANG LANTAI BENDUNG**

SKALA 1:25

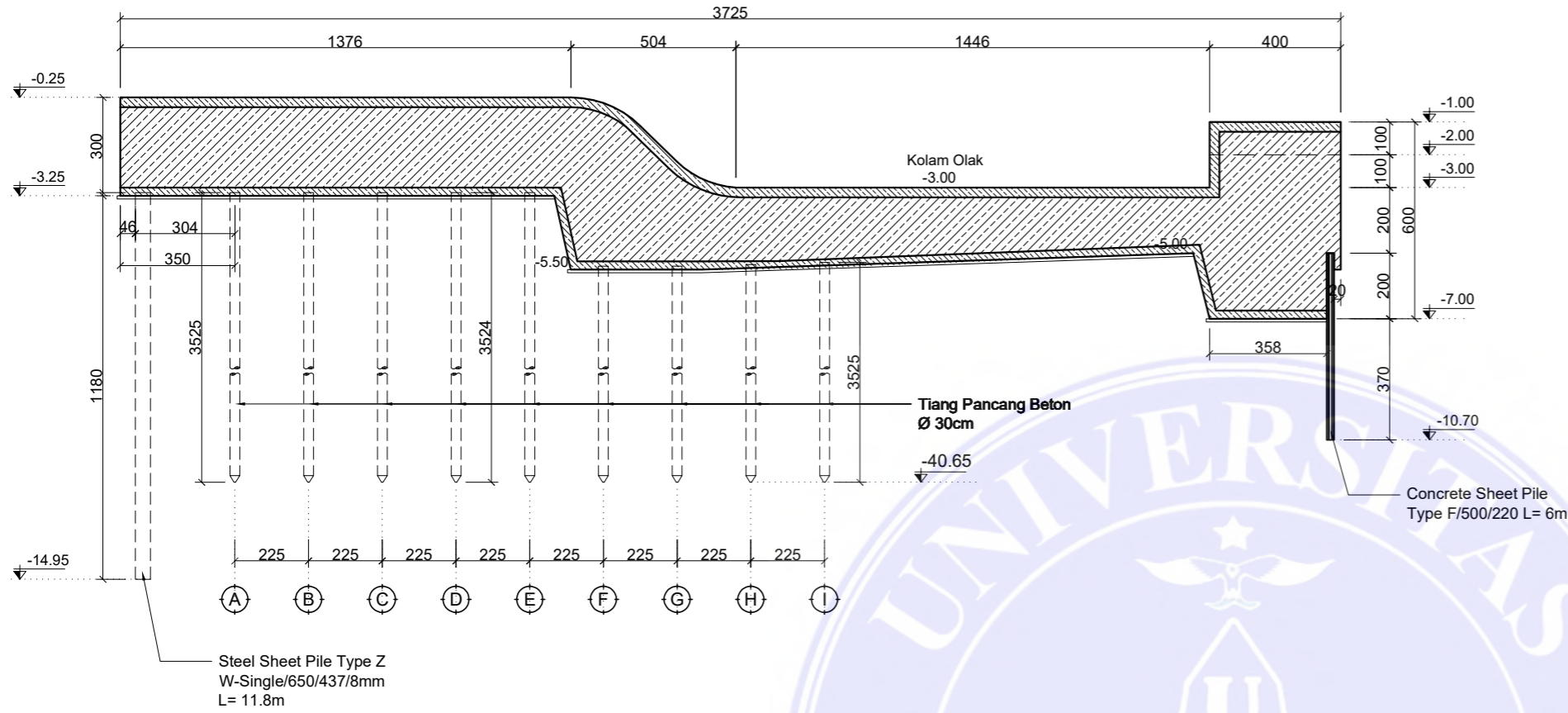
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

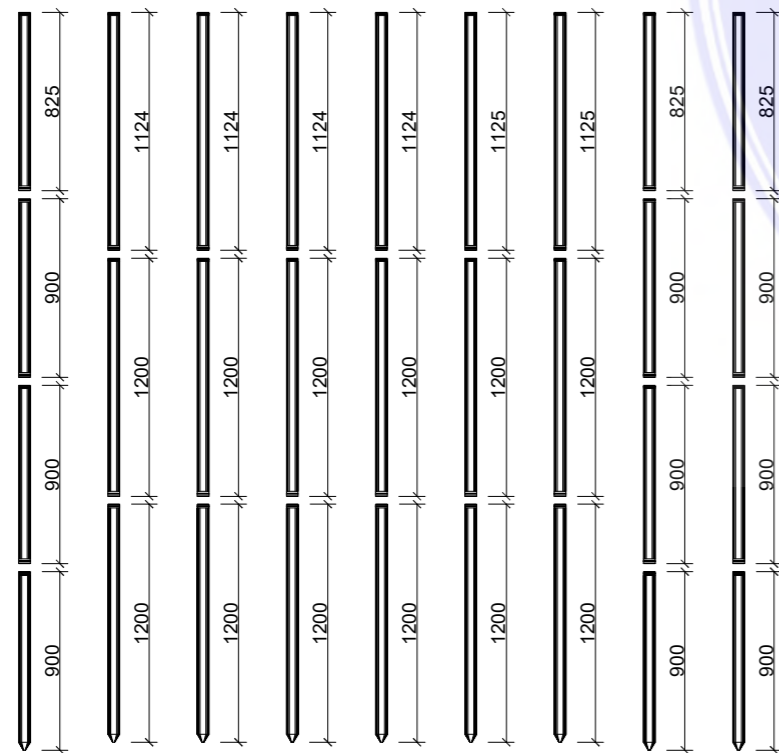
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

AS BUILT DRAWING				KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II SNVT PELAKSANAAN JARINGAN PEMAMFATAN AIR SUMATERA II PROV. SUMUT RAYA MEDAN-TEBING TINGGI KM. 30 TEL/FAX: (061) 7552243 LUBUK PAKAM	PEMBANGUNAN BENDUNG DI SERDANG KAB. DELI SERDANG	
Diajukan	Revisi & Diajukan Kembali	Persetujuan			Provinsi	Surr
Kontraktor	Konsultan Supervisi	Irigasi Dan Rawa I		Kegiatan	Irigas	
Dibuat Oleh	Diperiksa Oleh	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh	Kabupaten	De	
Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :	GAMB.		
				Kontraktor	Konsultan	
				ADHI - MINARTA (KSO)	PT. ESCONSON ENJAN	
Digambar	Kontraktor	Juru Gambar	Edi Wiyatno	TITIK PANCANG		
Diperiksa	Kontraktor	Pelaksana Dilapangan	Muh. Ari Yudianto, ST	Register	: AK 01-MNT/S/53-O	
Diperiksa	Direksi	Pengawas Utama	Demak MP, Sijuan, ST	Sheet No.	: 1 s/d 6	
				No. Kontrak	Tanggal	
				HK 02 03/IRI-SNVT	18 Oktober 201	

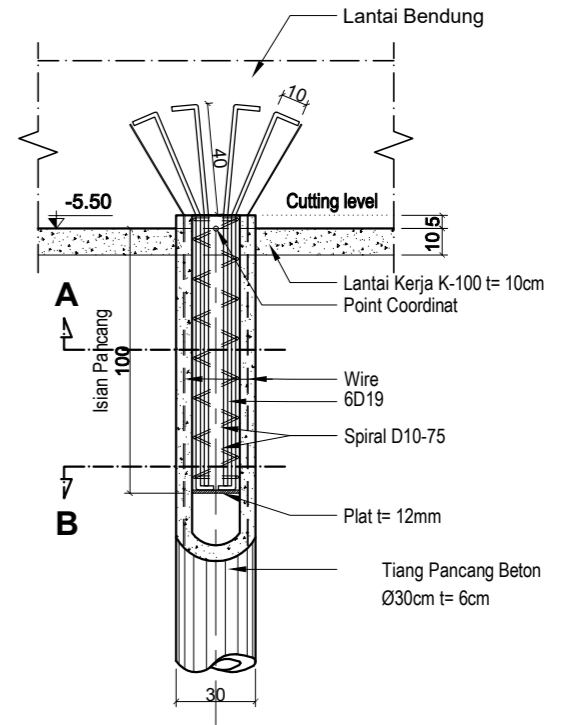
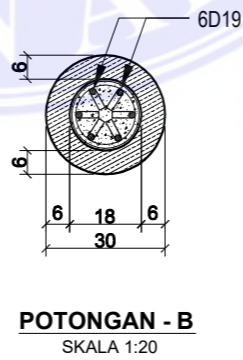
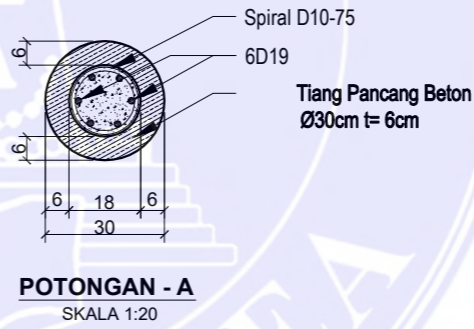




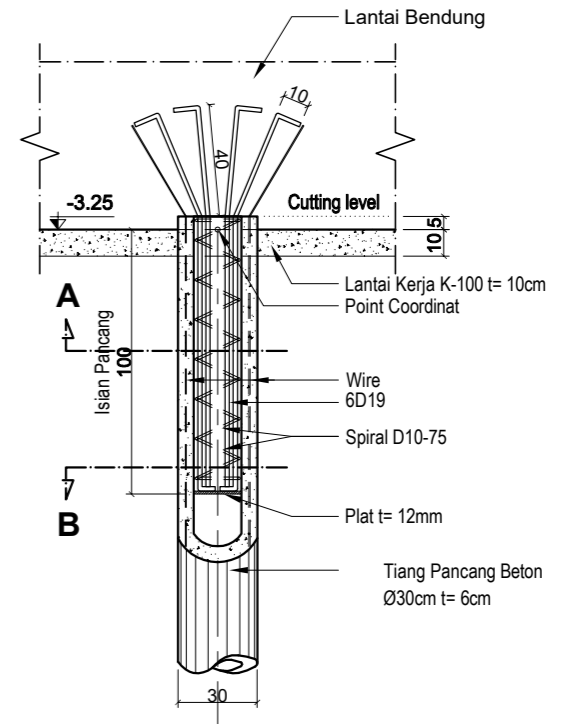
**TAMPAK SAMPING**  
SKALA 1:20



**KOMPOSISI TIANG PANCANG**  
SKALA 1:20



**DETAIL SPUN PILE**  
SKALA 1:30



**DETAIL SPUN PILE**  
SKALA 1:30

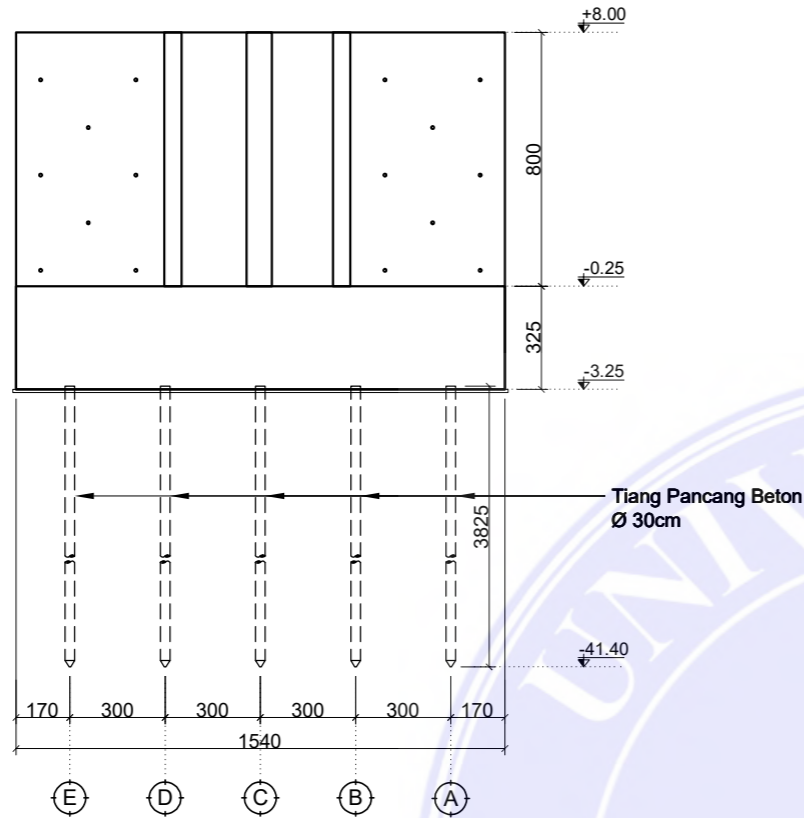
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

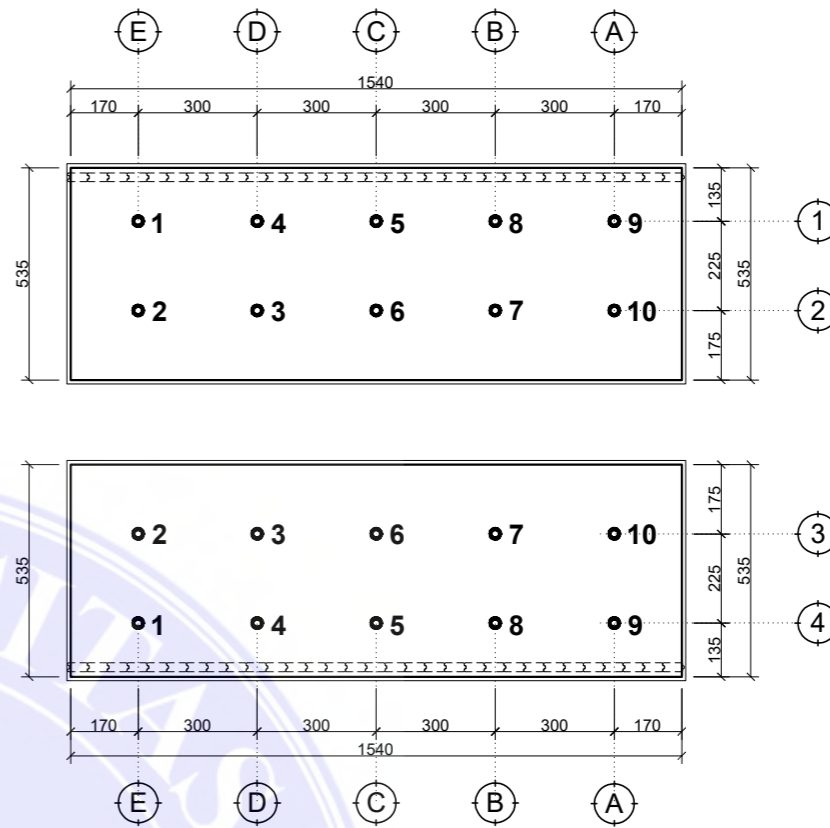
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

AS BUILT DRAWING				KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II SNVT PELAKSANAAN JARINGAN PENYAMPAIAN AIR SUMATERA II PROV. SUMUT RAYA MEDAN-TEBING TINGGI KM. 30 TELFAK: (061) 7552433 LUBUK PAKAM				PEMBANGUNAN BENDUNG DI SERDANG KAB. DELI SERDANG	
Diajukan	Revisi & Diajukan Kembali	Persetujuan		Kontrol	Konsultan	Kontrol	Konsultan	Provinsi	Surr
Kontraktor	Konsultansi Supervisi	Ingasi Dan Rawa I						Kegiatan	Irigas
Dibuat Oleh	Diperiksa Oleh	Diperiksa Oleh	Dijetujui Oleh	Kontrol	Konsultan	Kontrol	Konsultan	Kabupaten	De
Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :					Register	: AK 01-MNT/S/53-O
Roba'an Ghofur, ST Project Manager	Ir. Brotokusumo Ketua Tim	Rahmad Danry Pelaksana Teknik	Juhendra Sirait, ST.M.Ec.Dev Pejabat Pembuat Komitmen	Digambar	Kontraktor	Juru Gambar	Edi Wiyatno	TITIK PANCANG	
Diperiksa	Kontraktor	Pelaksana Dilapangan	Muh. Ari Yunianto, ST	Diperiksa	Direksi	Pengawas Utama	Denok MP, Sihan, ST	No. Kontrak	Tanggal
								HK.02.031R1-SNVT	18 Oktober 201





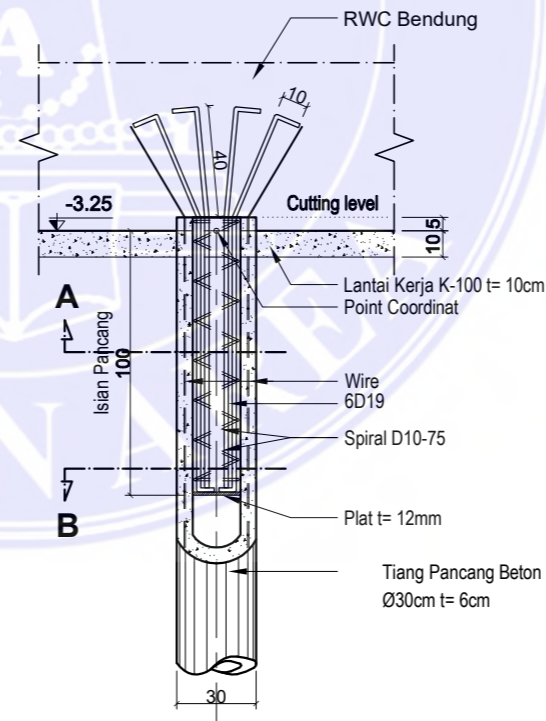
**TAMPAK SAMPING**  
SKALA 1:25



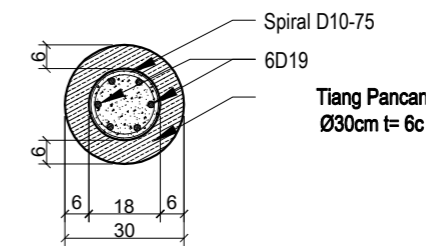
**DENAH TITIK PANGCANG RWC BENDUNG**  
SKALA 1:20



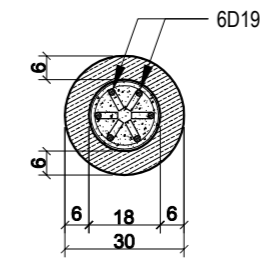
**KOMPOSISI TIANG PANGCANG**  
SKALA 1:25



**DETAIL SPUN PILE**  
SKALA 1:30



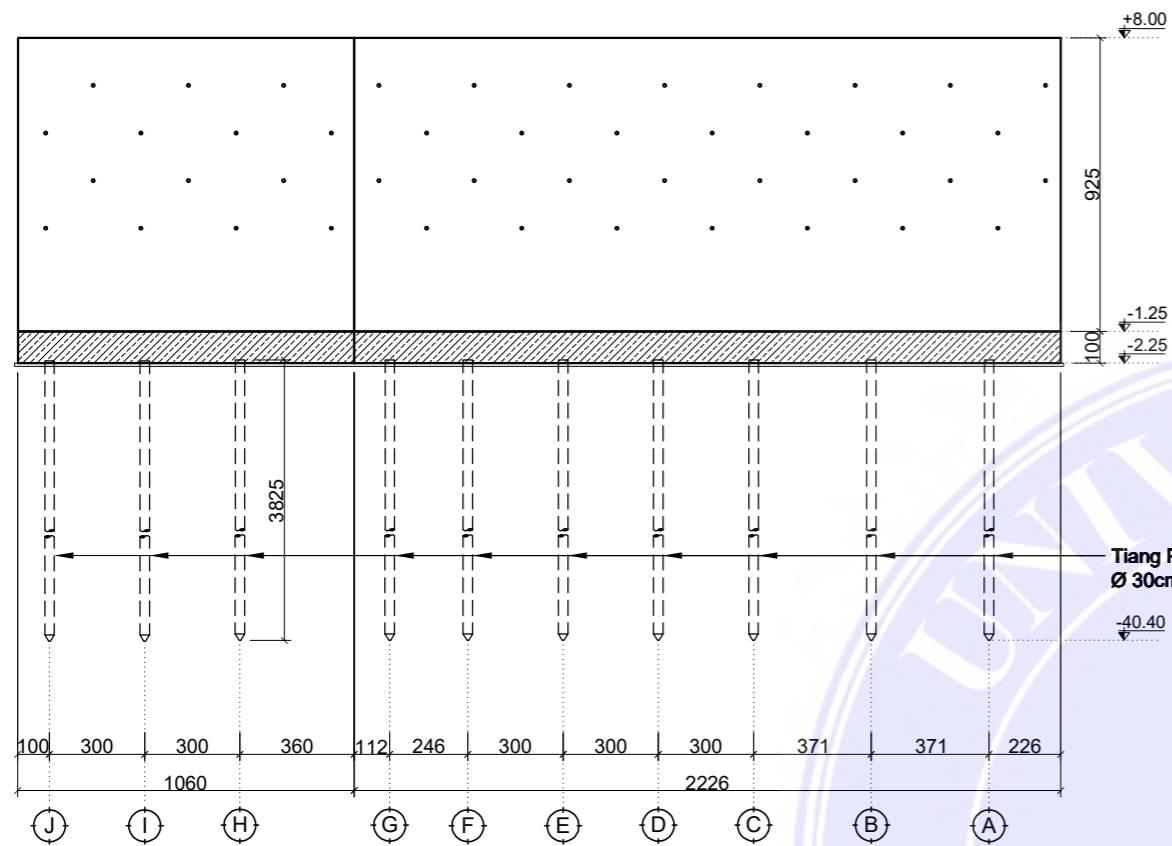
**POTONGAN - A**  
SKALA 1:20



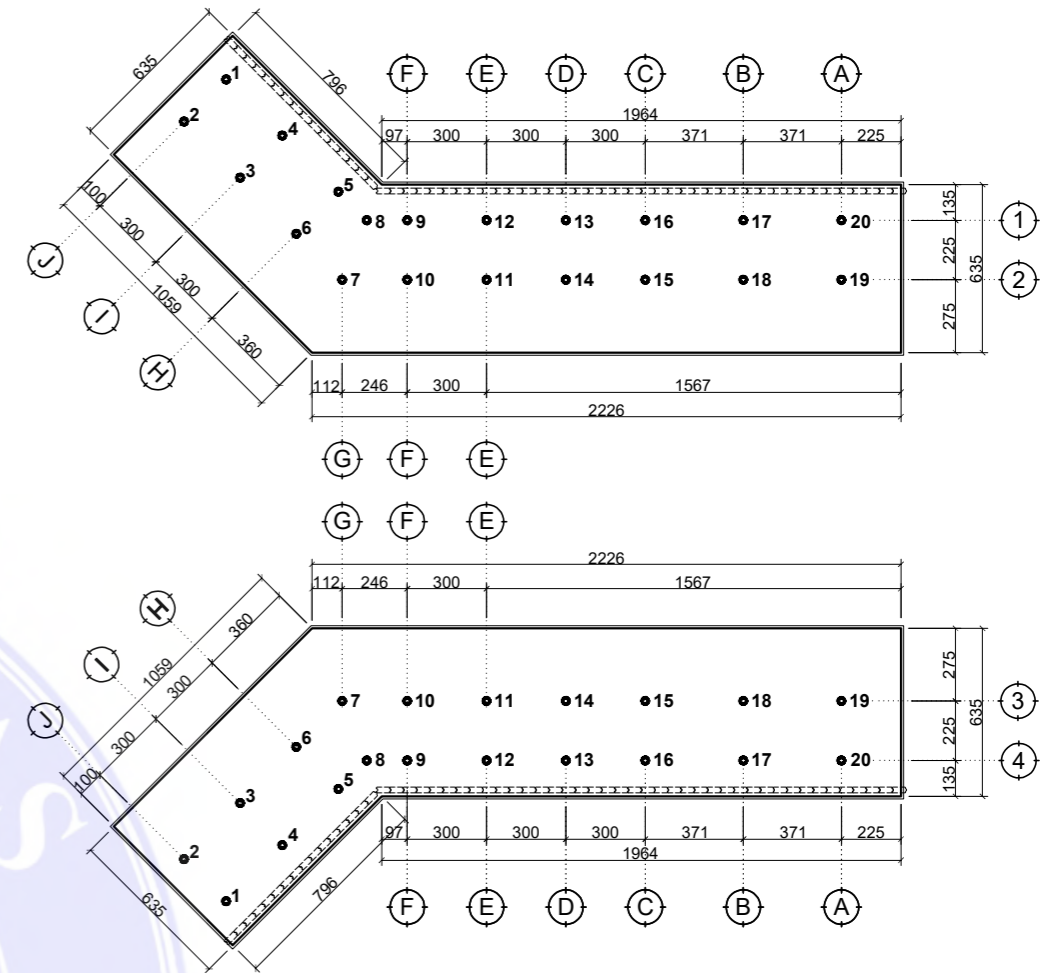
**POTONGAN - B**  
SKALA 1:20

AS BUILT DRAWING				KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II SNVT PELAKSANAAN JARINGAN PEMANFAATAN AIR SUMATERA II PROV. SUMUT RAYA MEDAN-TEBING TINGGI KM. 30 TELFAX: (061) 7552433.LUBLUK PAKAM				PEMBANGUNAN BENDUNG DI SERDANG KAB. DELI SERDANG	
Diajukan	Revisi & Diajukan Kembali	Persetujuan		KONTRAKTOR		KONSULTAN		Provinsi	Surr
Kontraktor	Konsultan Supervisi	Irigasi Dan Rawa I		KONTRAKTOR		KONSULTAN		Kegiatan	Irigas
Dibuat Oleh	Diperiksa Oleh	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh	KONTRAKTOR		KONSULTAN		Kabupaten	De
Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :	KONTRAKTOR		KONSULTAN		DUL GAMB	
				KONTRAKTOR		KONSULTAN		TITIK PANGCANG	
				KONTRAKTOR		KONSULTAN		Register	: AK 01-MNT/S/53-O
				KONTRAKTOR		KONSULTAN		Sheet No.	: 4 s/d 6
				KONTRAKTOR		KONSULTAN		No. Kontrak	
				KONTRAKTOR		KONSULTAN		HK.02.031R1-SNVT	Tanggal
				KONTRAKTOR		KONSULTAN		18 Oktober 201	

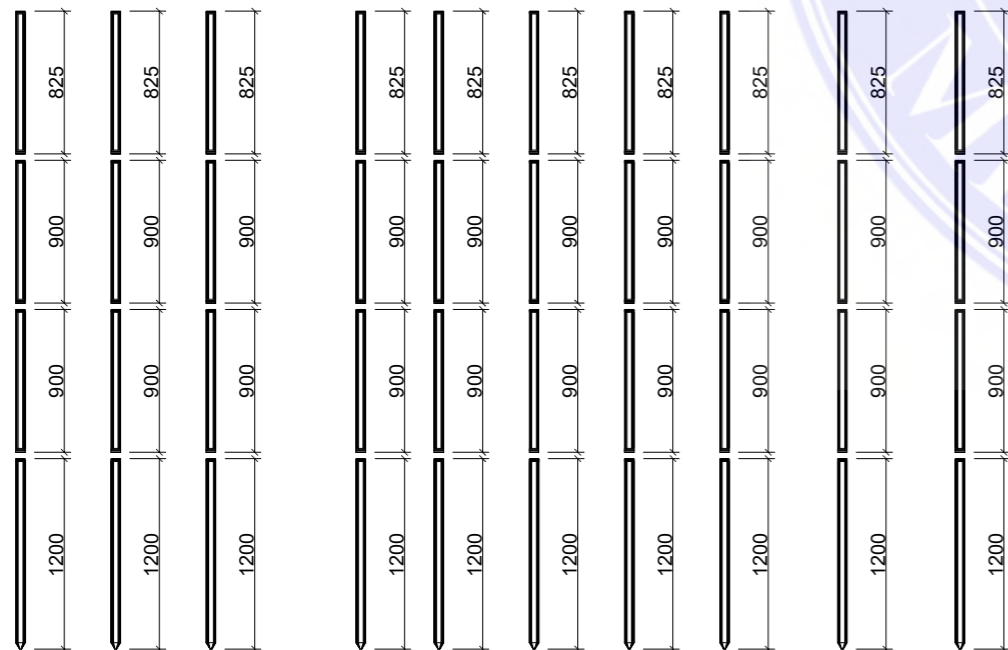




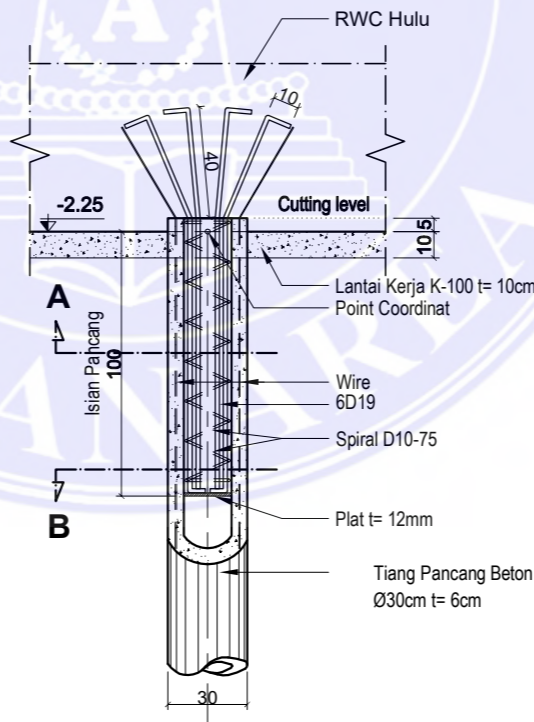
**TAMPAK SAMPING**  
SKALA 1:25



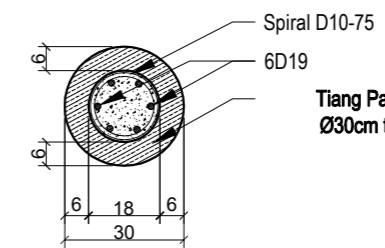
**DENAH TITIK PANCANG RWC HULU**  
SKALA 1:30



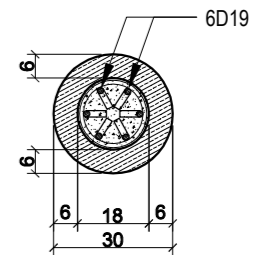
**KOMPOSISI TIANG PANCANG**  
SKALA 1:25



**DETAIL SPUN PILE**  
SKALA 1:30



**POTONGAN - A**  
SKALA 1:20






**POTONGAN - B**  
SKALA 1:20

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

AS BUILT DRAWING			
Diajukan	Revisi & Diajukan Kembali	Persetujuan	
Kontraktor	Konsultan Supervisi	Ingasi Dan Rawa I	
Dibuat Oleh	Diperiksa Oleh	Diperiksa Oleh	Disetujui Oleh
Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :	Tanggal :
Roba'an Ghofur, ST Project Manager	Ir. Brotokusumo Ketua Tim	Rahmad Danry Pelaksana Teknik	Juhendra Sirait, ST.M.Ec.Dev Pejabat Pembuat Komitmen

 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR BALAI WILAYAH SUNGAI SUMATERA II SNVT PELAKSANAAN JARINGAN PENYAMPAIAN AIR SUMATERA II PROV. SUMUT RAYA MEDAN-TEBING TINGGI KM. 30 TELFAX: (061) 755243 LUBUK PAKAM				PEMBANGUNAN BENDUNG DI SERDANG KAB. DELI SERDANG	
Kontraktor  ADHI - MINARTA (KSO)				Provinsi Surr Kegiatan Irigas Kabupaten De	
Konsultan  PT. ES CONSOFT ENJAN				Kabupaten De Kecamatan GAMB TITIK PANCANG	
Digambar Kontraktor Juru Gambar Edy Wiyatno				Register : AK 01-MNT/S/53-O Sheet No. : 5 sld 6	
Diperiksa Kontraktor Pelaksana Dilapangan Muh. Ari Yunianto, ST				No. Kontrak HK.02.031R-I-SNVT Tanggal 18 Oktober 201	
Diperiksa Direksi Pengawas Utama Danuk MP, Sihan, ST				Address From Depository: unpa.ac.id/2019/10/18/22	



PROJECT : BENDUNGAN DELI SERDANG  
 Bore No. : BH-1  
 Location : Deli Serdang  
 GWL : 4,60 m  
 Coordinate : x 481587 529 ; y 399339497  
 Date : 14 Januari 2019 - 19 Januari 2019  
 Bore Master : Rinto  
 Description by : Ali Imran  
 Check By : Yogi Fiazahri Rambe, ST

Soil Investigation Proyek  
 Pembangunan Bendung D.I  
 Serdang



DRILL LOG

Depth(m)	Type of Test	Symbol	Description of Layer	Standard Penetration Test (SPT)			
				No. of Blows			N Value
				46.50 m SPT			
0.00			Description: Top Soil - Lempung lanau berpasir Colour: Kuning cokelat ke abu-abuan Kadar air: Rendah Plasticity: Sedang Depth: 0.00 m-2.30 m				
-2.30	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Depth: 2.30 m-2.90 m	3	4	7	11
-2.90	☒		Description: Lempung berpasir warna Abu-abu kecokelatan Kadar air & Plastisitas: Sedang & Rendah Depth: 2.90 m-4.40 m	2	3	3	4
-4.40	☒		Description: Lempung organik busukan kayu Kadar air & Plastisitas: Tinggi & Rendah Depth: 4.40 m-5.75 m				
-5.75	☒		Description: Pasir Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Depth: 5.75 m-8.60 m	4	8	6	14
-8.60	☒		Description: Lempung lanau berpasir warna abu-abu Kadar air & Plastisitas: Sedang & Sedang Depth: 8.60 m-9.85 m	3	3	5	8
-9.85	☒		Description: Pasir lanau sedikit batu apung Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Depth: 9.85 m-15.20 m	1	2	2	4
-15.20	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Depth: 15.20 m-17.10 m	5	7	8	16
-17.10	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Sedang ke tinggi Depth: 17.10 m-19.70 m	16	18	21	40
-19.70	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Depth: 19.70 m-21.25 m	4	4	8	10
-21.25	☒		Description: Pasir berlanau / batu cadas Colour: Abu-abu Kepadatan: Sedang Kadar air: Rendah ke sedang Depth: 21.25 m-26.70 m	7	10	13	23
-26.70	☒		Description: Pasir berlanau / batu cadas Colour: Abu-abu Kepadatan: Sedang Kadar air: Rendah Depth: 26.70 m-31.15 m	9	16	15	25
-31.15	☒		Description: Pasir berlanau / batu cadas Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Sedang Depth: 31.15 m-33.70 m	10	11	21	32
-33.70	☒		Description: Lempung Colour: Abu-abu kebiruan Kadar air: Rendah Depth: 33.70 m-37.10 m	13	21	30	51
-37.10	☒		Description: Lempung lanau Colour: Abu-abu kebiruan Kadar air: Rendah ke sedang Plasticity: Rendah ke sedang Depth: 37.10 m-39.60 m	5	7	6	16
-39.60	☒		Description: Lempung lanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah ke sedang Plasticity: Sedang Depth: 39.60 m-41.95 m	5	4	6	10
-41.95	☒		Description: Batu cadas/pasir padat Abu-abu kecokelatan Kadar air: Rendah Kepadatan: Tinggi Depth: 41.95 m-43.30 m	18	27	29	56
-43.30	☒		Description: Batu cadas/pasir padat Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Tinggi Depth: 43.30 m-46.45 m	43	16		80



LEGENDS SYMBOLS AND RANGE OF VALUE	Legend	COHESIVE SOIL <sup>1</sup>		GRANULAR		ROCK QUALITY	
		Consistency	N-Value	N-Value	Density	DESIGNATION (ROQ) <sup>1</sup>	Description
☒	Standard Penetration Test (SPT)	Very Soft	0-1	0-4	Very Lo	R 20%	
☐	Undisturbed Sample (US)	Soft	2-4	5-10	Loose	<25	Very Poor
☐	(US)	Medium Soft	5-8	11-24	Medium	25-50	Poor
☐	(US)	Stiff	9-15		Dense	51-75	Fair
☐	(US)	Very Stiff	16-30		Dense	76-90	Good
☐	(US)	Hard	31-60		Very	>90	Excellent
☐	(US)	Very Hard	>60		Dense		

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 29/11/22

<sup>1</sup>reference from handbook of Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design; fourth edition, Page 141



PROJECT : BENDUNGAN DELI SERDANG  
 Bore No. : BH-2  
 Location : Deli Serdang  
 Coordinate : x 481622913 ; y 399388848  
 Date : 15 Januari 2019 - 20 Januari 2019  
 GWL : 3.50  
 Bore Master : Rinto  
 Description by : Ali Imran  
 Check By : Yogi Fianzahri Rambe, ST

Soil Investigation Proyek  
**Pembangunan Bendung D.I  
 Serdang**  
**DRILL LOG**



Depth(m)	Type of Test	Symbol	Description of Layer	Standard Penetration Test (SPT)				
				No. of Blows			N Value	
				48.50 m SPT				
0.00			Description: Top Soil - Lempung lanau berpasir Colour: Cokelat ke abu-abuan Kadar air: Rendah Plasticity: Rendah Depth: 0.00 m-2.60 m					
-2.50	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Depth: 2.60 m-3.80 m	3	5	6	13	
-3.80	☒		Description: Lempung organik Colour: Abu-abu Kadar air & Plastisitas: Rendah & Rendah Depth: 3.80 m-5.70 m	1	1	1	2	
-5.70	☒		Description: Lempung berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Depth: 5.70 m-9.20 m	2	3	3	6	
-9.20	☒		Description: Lempung berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Sedang Plasticity: Sedang ke tinggi Depth: 9.20 m-11.70 m	1	3	3	5	
-11.70	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu kecokelatan Kadar air: Rendah Kepadatan: Rendah Depth: 11.70 m-13.50 m	4	6	7	13	
-13.50	☒		Description: Pasir lanau berbatu apung Colour: Abu-abu Kepadatan: Sedang tinggi Plasticity: Rendah Depth: 13.50 m-21.00 m	12	17	24	41	
-21.00	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Sedang Kadar air: Rendah Depth: 21.00 m-28.50 m	8	11	12	23	
-28.50	☒		Description: Pasir lanau berbatu apung Colour: Abu-abu Kepadatan: Tinggi Kadar air: Rendah Depth: 28.50 m-32.00 m	16	26	30	56	
-32.00	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Tinggi Depth: 32.00 m-36.20 m	23	38	20	56	
-36.20	☒		Description: Lempung lanau berpasir Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Plastisitas: Rendah Depth: 36.20 m-37.50 m	7	34	31	55	
-37.50	☒		Description: Lempung berlanau Colour: Abu-abu kecokelatan Kadar air: Rendah Sedang Plastisitas: Tinggi Depth: 37.50 m-42.70 m	3	5	7	8	
-42.70	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Sangat tinggi Depth: 42.70 m-48.45 m	4	5	8	13	
-48.45	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Sangat tinggi Depth: 48.45 m-50.00 m	4	5	8	13	



LEGENDS SYMBOLS AND RANGE OF VALUE	Legend:	COHESIVE SOIL <sup>1)</sup>		GRANULAR		ROCK QUALITY DESIGNATION (ROQ) <sup>1)</sup>	
		Consistency	N-Value	N-Values	Density	Description	R 20%
☒	Standard Penetration Test (SPT)	Very Soft	0-1	0-4	-Very Lo	Very Poor	<25
☒	Undisturbed Sample (US)	Soft	2-4	5-10	-Loose	Poor	25-50
☒	(US)	Medium Soft	5-8	11-24	-Medium	Fair	51-75
☒		Stiff	9-15		-Dense	Good	76-90
☒		Very Stiff	16-30	25-50	-Very	Excellent	>90
☒		Hard	31-60	>50	-Very		
☒		Very Hard	>60		-Dense		

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Dilarang 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 29/11/22



PROJECT : BENDUNGAN DELI SERDANG  
 Bore No. : BH-3  
 Location : Ayas Kabu - Deli Serdang  
 Coordinate :  
 Date : 19 Januari 2019 - 24 Januari 2019  
 GWL : 3,50 m  
 Bore Master : Rinto  
 Description by : Ali Imran  
 Check By : Yogi Fianzahri Rambe, ST

Soil Investigation Proyek  
**Pembangunan Bendung D.I  
 Serdang**  
**DRILL LOG**



Depth(m)	Type of Test	Symbol	Description of Layer	Standard Penetration Test (SPT)			
				No. of Blows			N Value
				46.50 m SPT			
0.00			Description: Top Soil - Lempung lanau berpasir Colour: Kuning cokelat ke abu-abuan Kadar air: Rendah Plasticity: Sedang Depth: 0,00 m-3,35 m	4	5	8	13
3.35			Description: Lempung lanau berpasir Colour: Abu-abu kebiruan Kadar air & Plasticitas: Sedang & Sedang Depth: 3,35 m-4,80 m	3	3	5	8
4.80			Description: Lempung berwarna cokelat Kadar air: Tinggi Plasticity: Rendah Depth: 4,80 m-6,10 m	2	2	3	5
6.10			Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Depth: 6,10 m-6,70 m	5	7	4	11
6.70			Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Sedang Kepadatan: Rendah Depth: 6,70 m-11,30 m	2	2	3	5
11.30			Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah ke sedang Kepadatan: Sedang Depth: 11,30 m-17,35 m	1	10	12	22
17.35			Description: Pasir lanau berbatu apung Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Depth: 17,35 m	13	15	22	41
17.35			Description: Pasir Colour: Abu-abu Kepadatan: Sedang ke tinggi Kadar air: Rendah ke sedang Depth: 17,35 m-26,70 m	9	10	12	22
26.70			Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kepadatan: Rendah Kadar air: Sedang Depth: 26,70 m-31,45 m	24	27	25	56
31.45			Description: Lempung lanau Colour: Abu-abu biru ke cokelat Kadar air: Sedang Plasticity: Sedang ke tinggi Depth: 31,45 m-33,20 m	8	8	14	22
33.20			Description: Lempung lanau Colour: Abu-abu kebiruan Kadar air: Sedang Plasticity: Sedang ke tinggi Depth: 33,20 m-35,60 m	15	24	27	51
35.60			Description: Lempung berpasir Colour: Abu-abu kebiruan Kadar air: Rendah ke sedang Plasticity: Sedang Depth: 35,60 m-37,35 m	12	17	20	37
37.35			Description: Lempung organik busukan kayu Colour: Abu-abu Kadar air: - Plasticity: Sedang Depth: 37,35 m-41,75 m	13	18	16	34
41.75			Description: Pasir padat berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Depth: 41,75 m-45,45 m	6	8	8	16
45.45				16	17	19	30
45.45				5	6	8	14
45.45				3	3	5	8
45.45				3	5	4	8
45.45				5	6	8	14
45.45				19	13	34	57
45.45				51	13	-	64
45.45				50	15	-	65

**LEGEND SYMBOLS AND RANGE OF VALUE**

Standard Penetration Test (SPT)	Timpanan	COHESIVE SOIL <sup>1)</sup>	GRANULAR	ROCK QUALITY DESIGNATION (ROD) <sup>2)</sup>		
Unsettled Sample (US)	Lempung				Consistency	N-Value
JCS	Lempung berpasir	Very Soft	0-1	0-4	Very Low	Very Poor
	Lempung berpasir	Soft	2-4	5-10	Loose	<25
	Lempung berpasir	Medium Stiff	5-8	11-24	Medium	Poor
	Lempung berpasir	Stiff	9-15		Dense	Fair
	Lempung berpasir	Very Stiff	16-30	25-50	Dense	Good
	Lempung berpasir	Hard	31-60	>50	Very Dense	Excellent
	Lempung berpasir	Very Hard	>60		Dense	>90

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/11/22

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) 29/11/22  
 reference from handbook of Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design, fourth edition. Page 141



PROJECT : BENDUNGAN DELI SERDANG
Bore No. : BH-4
Location : Aras Kabu - Deli Serdang
Coordinate : x 481588,797 ; y 399416,289
Date : 23 Januari 2019 - 25 Januari 2019
GWL : -
Bore Master : Rinto
Description by : Ali Imran
Check By : Yogi Fianzahri Rambe, ST

# Soil Investigation Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang

## DRILL LOG



Depth(m)	Type of Test	Symbol	Description of Layer	Standard Penetration Test (SPT)			
				No. of Blows			N Value
				48.50 m SPT			
0.00			Description: Top Soil - Lempung berpasir Colour: Abu-abu kecokelatan Kadar air & Plastisitas: Rendah & Rendah Depth: 0.00 m-2.20 m				
-2.00	☒		Description: Pasir berlanau berwarna abu-abu Depth: 2.20 m-3.00 m	3	3	4	7
-3.00			Description: Lempung lanau berpasir Colour: Abu-abu kecokelatan Kadar air & Plastisitas: Rendah & Sedang Depth: 3.00 m-4.70 m	3	5	7	12
-4.00	☒		Description: Lempung berorganik Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Plasticity: Rendah Depth: 4.70 m-7.30 m	1	1	1	3
-7.50	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Sedang Kepadatan: Rendah Depth: 7.30 m-11.00 m	4	6	3	9
-11.00	☒		Description: Pasir lanau berbatu apung Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Sedang Depth: 11.00 m-16.50 m	13	16	23	42
-16.50	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Sedang tinggi Kepadatan: Rendah Depth: 16.50 m-24.50 m	15	22	25	47
-24.50	☒		Description: Pasir lanau berbatu apung Colour: Abu-abu kecokelatan Kadar air: Sedang Kepadatan: Rendah Depth: 24.50 m-29.50 m	13	18	23	40
-29.50	☒		Description: Lempung lanau berpasir Colour: Abu-abu kecokelatan Plastisitas: Tinggi Kadar air: Rendah Depth: 29.50 m-32.00 m	3	3	7	12
-32.00	☒		Description: Lempung lanau berpasir Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Plastisitas: Sedang Depth: 32.00 m-36.50 m	4	6	7	13
-36.50	☒		Description: Lempung berlanau foal kulit kering Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Plastisitas: Sedang ke tinggi Depth: 36.50 m-41.70 m	3	3	5	8
-41.70	☒		Description: Pasir berlanau Colour: Abu-abu Kadar air: Rendah Kepadatan: Tinggi Depth: 41.70 m-48.45 m	15	22	27	46
-48.45	☒			51	8	-	60
-48.50	☒			54	8	-	60



LEGENDS SYMBOLS AND RANGE OF VALUE	Legend:		COHESIVE SOIL <sup>1</sup>		GRANULAR		ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD) <sup>1</sup>	
	Standard Penetration Test (SPT)	Timbunan	Consistency	N-Value	N-Values	Density	Description	R 20%
☒	Undisturbed Sample (US)	Lempung	Very Soft	0-1	0-4	Very Low		<20
☒	(US)	Lanau	Soft	2-4	5-10	Loose		<25
☒		Pasir	Medium Soil	5-8	11-24	Medium		25-50
☒			Stiff	9-15		Dense		51-75
☒			Very Stiff	16-30		Dense		76-90
☒			Hard	31-60		Very Dense		>90
☒			Very Hard	>60		Dense		

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Dilarang 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 29/11/22



PROJECT : BENDUNGAN DELI SERDANG  
 Bore No. : BH-5  
 Location : Ayas Kabu - Deli Serdang  
 Coordinate :  
 Date : 24 Januari 2019 - 29 Januari 2019  
 GWL : 3.20 m  
 Bore Master : Rinto  
 Description by : Ali Imran  
 Check By : Yogi Fiazahri Rambe, ST

Soil Investigation Proyek  
 Pembangunan Bendung D.I  
 Serdang



DRILL LOG

Depth(m)	Type of Test	Symbol	Description of Layer	Standard Penetration Test (SPT)			
				No. of Blows			N Value
				46.50 m SPT			
0.00			Description: Top Soil - Lempung lanau berpasir				
-0.5			Colour: Kuning cokelat ke abu-abuan				
-1.0			Kadar air: Rendah				
-1.5			Plasticity: Sedang				
-2.0	☒		Depth: 0,00 m-2,80 m				
-2.5			Description: Lempung pasir berlanau				
-3.0			Colour: Abu-abu kebiruan				
-3.5			Kadar air: Rendah ke sedang				
-4.0	☒		Plasticity: Sedang				
-4.5			Depth: 2,80 m-5,10 m	4	6	5	10
-5.0			Description: Pasir berlanau				
-5.5			Colour: Abu-abu				
-6.0	☒		Depth: 5,10 m-7,60 m	4	6	7	13
-6.5			Description: Pasir berlanau				
-7.0			Colour: Abu-abu				
-7.5			Depth: 7,60 m-12,30 m	3	5	6	11
-8.0	☒		Description: Pasir berlanau				
-8.5			Colour: Abu-abu				
-9.0			Kadar air: Sedang				
-9.5			Plasticitas: Rendah				
-10.0	☒		Depth: 7,60 m-12,30 m	1	2	3	5
-10.5			Description: Pasir batu apung berlanau				
-11.0			Colour: Abu-abu				
-11.5			Kepadatan: Sedang ke tinggi				
-12.0	☒		Depth: 12,30 m-17,40 m	2	6	5	14
-12.5			Description: Pasir berlanau				
-13.0			Colour: Abu-abu				
-13.5			Kepadatan: Sangat tinggi				
-14.0	☒		Depth: 17,40 m-23,30 m	11	25	29	54
-14.5			Description: Pasir berlanau				
-15.0			Colour: Abu-abu				
-15.5			Kepadatan: Sangat tinggi				
-16.0	☒		Depth: 17,40 m-23,30 m	14	26	23	46
-16.5			Description: Pasir berlanau				
-17.0			Colour: Abu-abu				
-17.5			Kepadatan: Sangat tinggi				
-18.0	☒		Depth: 17,40 m-23,30 m	11	16	25	44
-18.5			Description: Pasir berlanau				
-19.0			Colour: Abu-abu				
-19.5			Kepadatan: Rendah				
-20.0	☒		Depth: 23,30 m-25,65 m	22	34	31	69
-20.5			Description: Pasir berlanau				
-21.0			Colour: Abu-abu				
-21.5			Kepadatan: Rendah				
-22.0	☒		Depth: 25,65 m-29,40 m	20	23	28	51
-22.5			Description: Pasir berlanau				
-23.0			Colour: Abu-abu				
-23.5			Kepadatan: Rendah ke Sedang				
-24.0	☒		Depth: 25,65 m-29,40 m	5	6	5	15
-24.5			Description: Pasir				
-25.0			Colour: Abu-abu				
-25.5			Kadar air: Rendah				
-26.0	☒		Depth: 29,40 m-33,20 m	18	25	31	56
-26.5			Description: Pasir				
-27.0			Colour: Abu-abu				
-27.5			Kadar air: Rendah				
-28.0	☒		Depth: 29,40 m-33,20 m	27	32	31	86
-28.5			Description: Lempung berlanau				
-29.0			Colour: Abu-abu biru ke kecoklatan				
-29.5			Kadar air: Rendah				
-30.0	☒		Depth: 33,20 m-35,25 m	3	4	5	8
-30.5			Description: Lempung berlanau				
-31.0			Colour: Abu-abu kebiruan				
-31.5			Kadar air & Plasticitas: Rendah & Sedang ke tinggi				
-32.0	☒		Depth: 35,25 m-36,80 m	4	5	7	12
-32.5			Description: Lempung berlanau				
-33.0			Colour: Cokelat				
-33.5			Kadar air: Sedang				
-34.0			Plasticity: Sedang				
-34.5	☒		Depth: 36,80 m-39,70 m	4	8	5	11
-35.0			Description: Batu cadas berlanau				
-35.5			Colour: Abu-abu				
-36.0	☒		Kepadatan: Sedang	8	12	23	36
-36.5			Depth: 39,70 m-40,95 m				
-37.0			Description: Pasir padat berbatu cadas				
-37.5			Colour: Abu-abu				
-38.0			Kadar air: Rendah				
-38.5	☒		Depth: 40,95 m-46,45 m	32	36		62
-39.0			Description: Pasir berlanau				
-39.5			Colour: Abu-abu				
-40.0			Kadar air: Rendah				
-40.5	☒		Depth: 40,95 m-46,45 m	36	8		63
-41.0			Description: Pasir berlanau				
-41.5			Colour: Abu-abu				
-42.0			Kadar air: Rendah				
-42.5	☒		Depth: 40,95 m-46,45 m	36	8		63
-43.0			Description: Pasir berlanau				
-43.5			Colour: Abu-abu				
-44.0			Kadar air: Rendah				
-44.5	☒		Depth: 40,95 m-46,45 m	36	8		63
-45.0			Description: Pasir berlanau				
-45.5			Colour: Abu-abu				
-46.0			Kadar air: Rendah				
-46.5	☒		Depth: 40,95 m-46,45 m	36	8		63

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

Access From (repository.uma.ac.id) 29/11/22

Document Accepted 29/11/22

reference from handbook of Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design; fourth edition, Page 141