

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG  
PADA PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR  
PT. WARUNA NUSA SENTANA MEDAN**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**MUHAMMAD SRI HARDIANTO  
178110054**



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

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 2/10/23

Access From (repository.uma.ac.id)2/10/23

**ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG  
PADA PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR  
PT. WARUNA NUSA SENTANA MEDAN**

**SKRIPSI**

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

**OLEH:**

**MUHAMMAD SRI HARDIANTO  
178110054**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AR**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 2/10/23

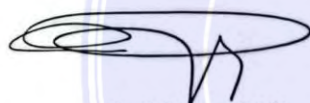
Access From (repository.uma.ac.id)2/10/23

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek  
Pembangunan Gedung Kantor PT. Waruna Nusa Sentana Medan.  
Nama : M. Sri Hardianto  
NPM : 17.811.0054  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing



Ir. H. Irwan, M.T  
Pembimbing I



Hermansyah, S.T., M.T  
Pembimbing II



Dr. RahmadSyah, S.Kom, M.Kom  
Dekan Fakultas Teknik



Hermansyah, S.T., M.T  
Ka. Prodi Tekni Sipil

Tanggal Lulus :

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 17 - Februari - 2023



Muhammad Sri Hardianto  
17.811.0054

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Muhammad Sri Hardianto

NPM : 178110054

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 Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna Nusa Sentana Medan, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 17 Februari 2023

Yang menyatakan

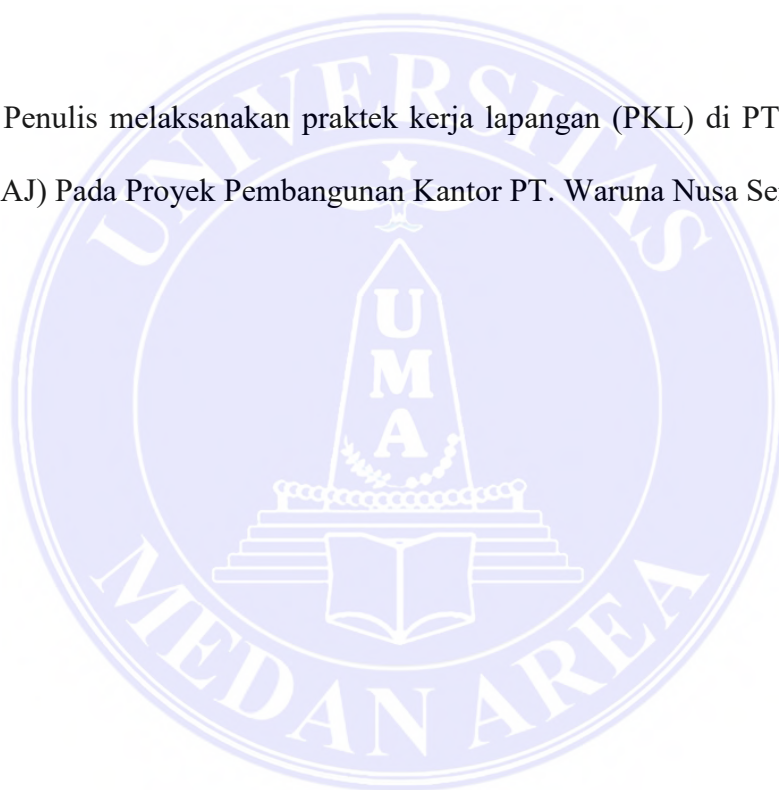
(Muhammad Sri Hardianto)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Morawa Pada tanggal 13 september 1997 dari ayah Barata B. S dan ibu Sulastri Penulis merupakan putra Ke- 2 (dua) dari 4 (empat) bersaudara.

Tahun 2015 Penulis lulus dari SMK NEGERI 1 LUBUK PAKAM dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. Prima Abadi Jaya (PAJ) Pada Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna Nusa Sentana Medan.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Struktur dengan judul Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna Nusa Sentana Medan.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Ir. H. Irwan, MT. dan Hermansyah, ST, MT. selaku pembimbing serta Hermasyah, ST, MT., yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada PT. PAJ dan teman-teman yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

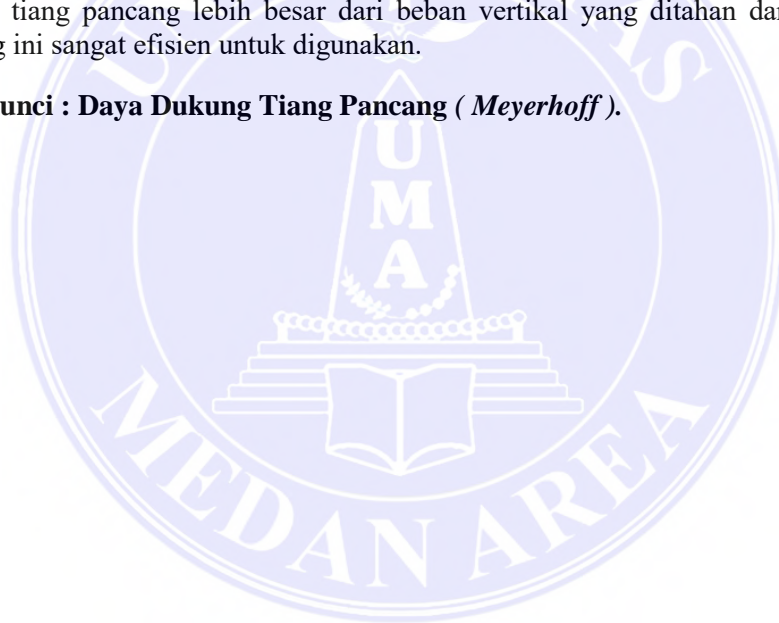
Penulis

M. Sri Hardianto

## ABSTRAK

Pondasi memegang peran yang sangat penting pada konstruksi bangunan. Selain sebagai pijakan kekuatan berdirinya suatu konstruksi bangunan, pondasi berperan mendistribusikan beban bangunan di atasnya, sehingga bisa disalurkan ke lapisan tanah dibawahnya dengan baik dan membuat bangunan mampu berdiri dengan kokoh. Tujuan dari studi ini adalah untuk memperoleh kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) dengan menggunakan formula maupun rumus efisiensi tiang yang ada. Penulis melakukan metode melakukan pengamatan dan pengumpulan data menggunakan data primer dan data sekunder dan mencari referensi dari beberapa literatur. Dari hasil perhitungan didapatkan kapasitas daya dukung pondasi  $Q_{ultimate}$  268,934 Ton, dan  $Q_{ijin}$  diperoleh 89,624 Ton, ketahanan aksial (vertikal) pada tiang pancang tunggal berdasarkan hasil uji sondir di peroleh 346,67 KN, ketahanan aksial (vertikal) pada tiang pancang tunggal berdasarkan kekuatan bahan di peroleh 512,50 KN, gaya aksial (vertikal) Maksimum yang bekerja pada tiang pancang tunggal (Pumak) diperoleh 130,10 KN dan efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode *Los Angeles Group* (Eg) di peroleh 0,8412. Tahanan lateral (horizontal) pada tiang pancang tunggal di peroleh 52,68 KN, gaya lateral (horizontal) maksimum yang bekerja pada tiang pancang tunggal (Humak) 34,40 KN. Dari hasil yang didapat daya dukung aksial pada pondasi tiang pancang lebih besar dari beban vertikal yang ditahan dan pondasi tiang pancang ini sangat efisien untuk digunakan.

**Kata Kunci : Daya Dukung Tiang Pancang ( *Meyerhoff* ).**





## ABSTRACT

*The foundation plays a very important role in building construction. Apart from being a foundation for the strength of a building construction, the foundation plays a role in distributing the load of the building above it, so that it can be properly distributed to the subsoil below and makes the building able to stand firmly. The purpose of this study is to obtain the bearing capacity of the piles based on the Cone Penetration Test (CPT) data by using the existing formulas and pile efficiency formulas. The author uses the method of observing and collecting data using primary data and secondary data and looking for references from several literatures. From the calculation results, the bearing capacity of the  $Q_{ultimate}$  foundation is 268,934 tons, and  $Q_{ijin}$  is 89,624 tons, the axial (vertical) resistance on a single pile based on the sondir test results is 346.67 KN, the axial (vertical) resistance on a single pile based on the strength of the material obtained 512.50 KN, the maximum axial (vertical) force acting on a single pile ( $P_{umak}$ ) was obtained 130.10 KN and the efficiency of the pile group using the Los Angeles Group (Eg) method was obtained 0.8412. The lateral (horizontal) resistance on a single pile is 52.68 KN, the maximum lateral (horizontal) force acting on a single pile ( $H_{umak}$ ) is 34.40 KN. From the results obtained, the axial bearing capacity of the pile foundation is greater than the vertical load being carried and this pile foundation is very efficient to use.*

**Keywords:** *Carrying Capacity of Piles (Meyerhoff).*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Review Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Pondasi .....	6
2.3 Jenis Pondasi .....	7
2.3.1 Pondasi Dangkal ( <i>shallow foudations</i> ). .....	7

2.3.2	Pondasi Dalam ( <i>Deep Foundation</i> ) .....	9
2.4	Pondasi Tiang .....	11
2.4.1	Pengertian Pondasi Tiang .....	11
2.4.2	Klasifikasi Pondasi Tiang .....	11
2.5	Pondasi Tiang Pancang .....	12
2.5.1	Kegunaan Pondasi Tiang Pancang .....	12
2.5.2	Pemilihan Jenis Pondasi Tiang Pancang .....	13
2.5.3	Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Bahan .....	14
2.5.4	Keunggulan Pondasi Tiang Pancang .....	15
2.6	Pondasi Tiang Kelompok .....	16
2.6.1	Kapasitas Kelompok Tiang .....	17
2.6.2	Kapasitas Ijin Kelompok Tiang .....	17
2.6.3	Faktor Aman .....	18
2.7	Penyelidikan Tanah .....	19
2.7.1	<i>Standard Penetration Test</i> (SPT) .....	21
2.7.2	<i>Cone Penetration Test</i> atau Uji Sondir .....	22
2.8	Daya Dukung Tiang .....	23
2.8.1	Metode Daya Dukung .....	23
2.8.2	Metode Meyerhoff .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>26</b>
3.1	Data Umum Proyek .....	26
3.2	Data Teknis Proyek .....	27
3.3	Pengumpulan Data .....	27
3.3.1	Metode Pengumpulan Data .....	27

3.3.2	Sumber Data .....	27
3.4	Bagan Alir Penelitian .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>30</b>
4.1	Kapasitas daya dukung tiang pancang.....	30
4.4.1	Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data lapangan (sondir) dengan metode <i>Meyerhoff</i> .....	30
4.4.2	Menghitung jumlah hambatan lekat (JHL).....	30
4.4.3	Menghitung Tegangan ijin (Qijin):.....	31
4.4.4	Menghitung $Q_{ultimate}$ tiang pancang: .....	31
4.2	Ketahanan Aksial Pada Tiang pancang Tunggal berdasarkan kekuatan bahan .....	32
4.2.2	Ketahanan Aksial Pada Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Hasil Uji Sondir .....	34
4.2.3	Ketahanan Lateral Pada Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Defleksi Tiang Maksimum.....	36
4.3	Perhitungan Kekuatan Pondasi .....	37
4.3.1	Gaya Aksial Pada Tiang Pancang Tunggal .....	39
4.3.2	Gaya Lateral Pada Tiang Pancang Tunggal.....	40
4.4	Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang ( Kelompok ).....	41
4.4.1	Ketahanan Aksial Pada Tiang Pancang Kelompok Berdasarkan Kekuatan Bahan.....	42
4.4.2	Ketahanan Aksial Pada Tiang Pancang Kelompok Berdasarkan Hasil Uji Sondir .....	43

4.4.3	Ketahanan Lateral Pada Tiang Pancang Kelompok Berdasarkan Defleksi Tiang Maksimum.....	45
4.5	Gaya Yang Bekerja PadaTiang Pacang.....	47
4.6.1	Gaya Aksial Pada Tiang Pancang.....	48
4.6.2	Gaya Lateral Pada Tiang Pancang.....	49
4.7	Efisiensi Kelompok Tiang Dengan Menggunakan Metode( <i>Los Angels Group</i> ) .....	49
4.8	Pembahasan Analisis .....	50
<b>BAB V</b>	<b>53KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>55</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang .....	31
2. Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Tahanan Gesek Nominal .....	35
3. Tabel 4. 3 Susunan Tiang Pancang .....	388
4. Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sondir .....	41
5. Tabel 4. 5 Susunan Tiang Pancang Kelompok .....	499



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gambar 2.1 Pondasi Memanjang .....	8
2. Gambar 2.2 Pondasi Telapak .....	8
3. Gambar 2.3 Pondasi rakit.....	9
4. Gambar 2.4 Pondasi Sumuran.....	10
5. Gambar 2.5 Pondasi Tiang.....	10
6. Gambar 2.6 Pola Kelompok Tiang.....	16
7. Gambar 3.1 Lokasi Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna .....	26
8. Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	29
9. Gambar 4. 1 Grafik Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang .....	32
10. Gambar 4. 2 Tiang Kelompok.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> 1

## DAFTAR NOTASI

m	= Jumlah baris tiang
Ab	= Luas Penampang tiang ( $m^2$ )
Bg	= Lebar tiang pancang kelompok (m)
c	= Kohesi pada tanah ( $kg/cm^2$ )
d	= Diameter tiang (m)
E	= Modulus elastis tiang ( $kg/cm^2$ )
Eg	= Efisiensi kelompok tiang
Hu	= Beban lateral (kN)
I	= Momen inersia tiang ( $cm^4$ )
n	= Jumlah tiang dalam kelompok
P	= Keliling tiang (m)
Qg	= Daya dukung kelompok tiang (Ton)
Qa	= Daya dukung ijin tiang (Ton)
Qu	= Daya dukung ultimit tiang tunggal (Ton)
Qp	= Daya dukungujung (kN)
Qs	= Tahanan geser selimut tiang (kN )
$\alpha$	= Koefisien antara tanah dan tiang
$\sigma$	= Tegangan normal yang terjadi pada tanah ( $kg/cm^2$ )
$\gamma$	= Berat isi tanah ( $kN/m^3$ )
Df	= Kedalaman pondasi ( m )
$\gamma_b$	= Berat volume tanah ( $KN/m^3$ )
f	= Sudut gesek dalam( $^\circ$ )



$f_c'$  = Kuat tekan beton ( MPa )

$f_y$  = Kuat leleh baja tulangan (MPa)

$K$  = Modulus tanah

$L$  = Panjang tiang (m)

$n$  = Jumlah tiang dalam satu baris

$M_{max}$  = Momen maksimum (Kn/m)

$M_y$  = Momen maksimum yang dapat ditahan tiang (kN-m)

CPT = nilai CPT

$h$  = Tebal pondasi ( m )

$\gamma_c$  = Berat beton bertulang (  $\text{kN/m}^3$  )

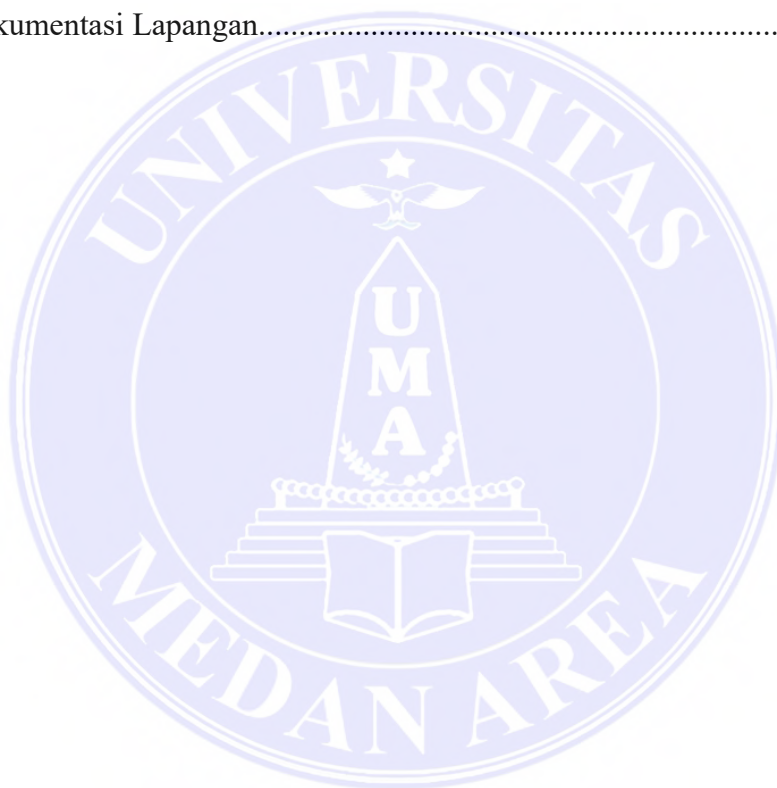
$P_u$  = Gaya aksial akibat beban terfaktor (kN)

$M_{ux}$  = Momen arah x akibat beban terfaktor (kNm)

$M_{uy}$  = Momen arah y akibat beban terfaktor(kNm)

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Gambar <i>Layout</i> Rencana Pondasi.....	57
2. Data <i>Cone Penetration Test</i> (CPT).....	57
3. Data SAP 2000.....	59
4. Detail Pondasi.....	63
5. Dokumentasi Lapangan.....	64



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur bangunan gedung, jalan dan jembatan di Indonesia saat ini berkembang sangat pesat. Pembangunan gedung mempunyai peran penting terutama yang menyangkut perkembangan antar daerah yang seimbang dalam hasil pembangunan bidang ekonomi, politik, sosial, budaya, dan pertahanan keamanan. Kota Medan juga merupakan salah satu dari lima kota besar di Indonesia, saat ini kota Medan juga berperan penting dalam pembangunan perekonomian dan perkembangan pariwisata di provinsi Sumatera Utara.

Pondasi adalah bagian bangunan bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada bagian bangunan atas dan beratnya sendiri ke lapisan tanah pendukung (*bearing layers*). Pondasi merupakan pekerjaan struktur yang paling utama dalam suatu pekerjaan teknik sipil. Semua konstruksi yang merupakan bagian bangunan atas tanah (*super structure*) yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh pondasi.

Kebutuhan bentuk struktur tanah merupakan suatu peranan yang penting dalam suatu pekerjaan konstruksi yang harus dicermati karena kondisi ketidak-tentuan dari tanah yang berbeda-beda. Pembangunan suatu pondasi sangat besar fungsinya pada suatu konstruksi. Pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada disekitarnya.

Tugas Akhir ini untuk menganalisa daya dukung pondasi tiang pancang dengan metode yang ada berdasarkan data lapangan. Dalam desain hendaknya diperhatikan perubahan daya dukung yang mungkin terjadi dilapangan, oleh karena itu konstruksi didesain untuk berbagai kemungkinan faktor aman, baik selama masa konstruksi, pasca konstruksi, dan angka keamanan selama masa penggunaan konstruksi (Alwan dan Indarto, 2010).

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah:

- a. Berapa besar kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan kantor PT. Waruna Nusa Sentana berdasarkan data tanah *Cone Penetration Test* (CPT)?
- b. Berapa kapasitas gaya horizontal dan vertikal terhadap tiang pancang?

## 1.3 Lingkup Penelitian

Adapun lingkup penelitian ini adalah menganalisa daya dukung tiang pancang pada Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna Nusa Sentana, kemudian perhitungan daya dukung hanya ditinjau dari gaya vertikal dan gaya horizontal dengan menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT).

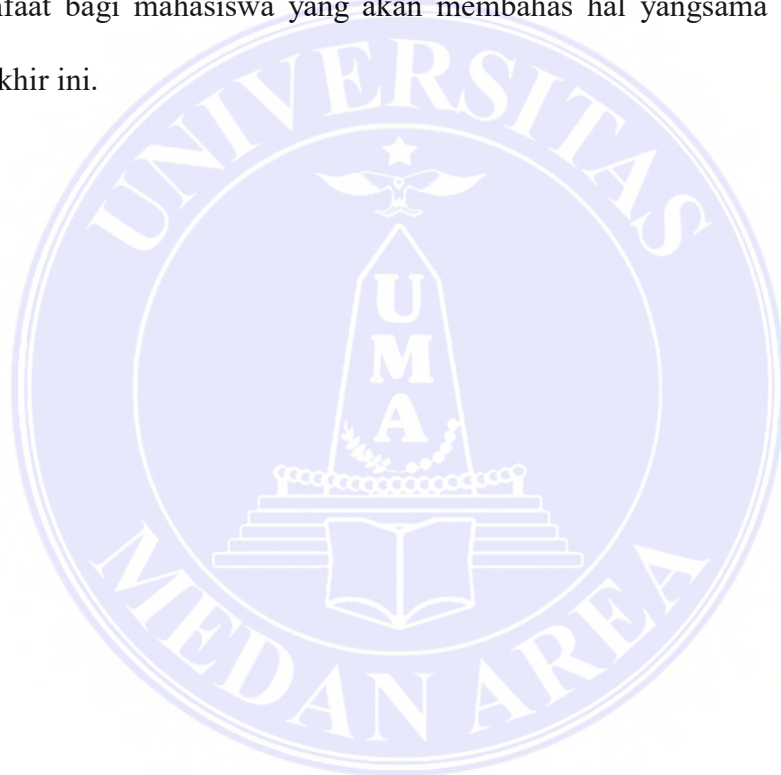
## 1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa daya dukung pondasi tiang pancang, sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh

kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) dengan menggunakan formula maupun rumus efisiensi tiang yang ada.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang dalam menopang beban, dan penelitian ini juga bermanfaat bagi mahasiswa yang akan membahas hal yang sama sesuai dengan tugas akhir ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Review Penelitian Terdahulu

Danipra. S, Suhendra. & M. Nukrillah. ( 2019 ), studi analisa daya dukung tanah untuk pondasi tiang pancang dilaksanakan pada proyek pembangunan kompleks pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi di kawasan kota baru terpadu Citra Raya City, Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Tujuan dari studi ini adalah menghitung daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dan penurunannya. Metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Aoki dan De Alencar dan metode Langsung berdasarkan data hasil uji sondir atau *cone penetration test (CPT)*, metode Meyerhoff berdasarkan data hasil *standar penetration test (SPT)* dan metode alpha ( $\alpha$ ), metode lambda ( $\lambda$ ) dan metode beta ( $\beta$ ) berdasarkan data hasil uji laboratorium. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dari masing-masing metode dibandingkan. Hasil analisis perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada enam titik sondir yang ditinjau di kedalaman 10 meter menunjukkan bahwa daya dukung tiang tunggal yang terendah pada titik S 06 berdasarkan metode Aoki dan De Alencar adalah  $Q_u = 88,84$  ton dengan  $Q_a = 35,54$  ton dan penurunannya 33,08 mm, berdasarkan metode Langsung daya dukung tiang tunggal yang terendah pada titik S 05 yaitu  $Q_u = 365,34$  ton dengan  $Q_a = 84,87$  ton dan penurunannya 44,26 mm, berdasarkan metode Meyerhoff dengan data SPT yang terendah pada titik BH 02 yaitu  $Q_u = 62,70$  ton dengan  $Q_a = 38,96$  ton dan penurunannya 19,11 mm, berdasarkan metode Alpha ( $\alpha$ ) dengan

data hasil uji laboratorium nilai yang terendah pada titik BH 01 yaitu  $Q_u = 83.38$  ton dengan  $Q_a = 27.79$  ton dan penurunannya 38.42 mm, berdasarkan metode Lambda ( $\lambda$ ) nilai daya dukung yang terendah pada titik BH 01 yaitu  $Q_u = 71.10$  ton dengan  $Q_a = 23.70$  ton dan penurunannya 38.42 mm dan berdasarkan metode Beta ( $\beta$ ) daya dukung yang terendah pada titik BH 01 yaitu  $Q_u = 29.33$  ton dengan  $Q_a = 9.78$  ton dan penurunannya 38.42 mm.

Hartanto, D. Cahyo, S, Y. Winarto, S. & Iwan, C, A. (2018), dengan judul penelitian “ Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Sekretariat Dewan DPRD Kabupaten Kediri ”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan daya dukung dan ukuran serta staking Gedung Sekretariat DPRD Kediri dengan data sondir. Penulis menggunakan metode pemeriksaan langsung di lapangan dan berkoordinasi dengan Konsultan Perencana serta mencari referensi dari beberapa literatur. Dari hasil perhitungan didapatkan total beban hidup dan mati pada setiap lantai adalah 684558.8 Kg, 701838.8 Kg, 736398.8 Kg, 736398.8 Kg, pembebanan total ( $W_t$ ) diperoleh 2806395.4 Kg, Dimensi pondasi tiang pancang = 40 cm; kedalaman = 10 meter, dengan jumlah dua buah per Pile Cap, kebutuhan tulangan pada pondasi bangunan adalah 20575.05 Kg.

Debataraja, S, M, T. H, Nelson. (2021), dengan judul penelitian “ Analisa daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan data SPT Pada Pembangunan Pelabuhan Balohan, kota Sabang Aceh ”. Adapun tujuannya adalah untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang pancang dan menghitung kapasitas ultimate tiang pancang. Untuk mengetahui daya dukung pada pondasi dihitung dengan menggunakan metode meyerhoff berdasarkan data lapangan (SPT). Sebagai kesimpulan yang dapat diambil dari topik pembahasan ini, didapat daya

dukung tiang pancang tunggal ( $Q_i$ ) sebesar 148,536 Ton, dan beban yang bekerja di terima oleh tiang pancang ( $P_u$ ) sebesar 93.529 Ton dari perhitungan daya dukung pondasi  $Q_i < P_u$ . Pada perhitungan penurunan tiang pancang (*Settlement*) di dapat hasil 18,90 mm  $<$  50mm. Maka dapat di simpulkan bahwa pondasi tiang pancang pada trestel dermaga mampu memikul beban yang bekerja.

## 2.2 Pondasi

Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar bangunan (*sub-structure*) yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur bangunan (*upper-structure*) kelapisan tanah yang berada dibagian bawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan (*settlement*) tanah/pondasi yang berlebihan.

Perencanaan pondasi perlu diperhitungkan besarnya beban yang bekerja dan juga daya dukung tanah setempat. Apabila pondasi yang direncanakan tidak mencapai tanah keras, maka akan terjadi penurunan yang tidak merata yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Pondasi merupakan suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dan menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, dan tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang merata lebih dari batas tertentu (Gunawan, 1991).

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.



Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan daritanah akan terjadi (Das, 1998). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi menurut Sardjono (1988) didasarkan atas :

1. Fungsi bangunan atas (*superstructure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
3. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.
4. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas.

### 2.3 Jenis Pondasi

Menurut Gunawan (1991), pondasi bangunan biasa dibedakan sebagai pondasi dangkal (*shallow foudations*) dan pondasi dalam (*deep foundations*), tergantung dari perbandingan kedalaman pondasi dan lebar pondasi, dan secara umum digunakan patokan :

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

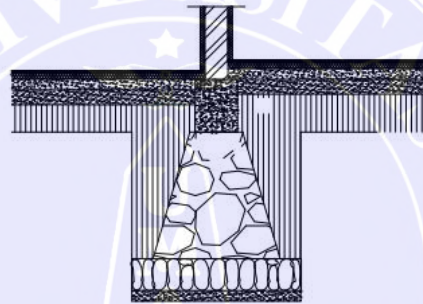
Kedalaman suatu pondasi menentukan jenis pondasi apa yang akan digunakan. Berdasarkan tingkat kedalaman pemancangan pondasi pada kedalaman tanah, maka pondasi dapat dibagi menjadi dua (Hardiyatmo, 2002), yaitu :

#### 2.3.1 Pondasi Dangkal (*shallow foudations*).

Pondasi dangkal ialah pondasi yang mendukung beban secara langsung.

a. Pondasi Memanjang

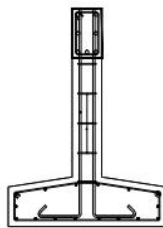
Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederhana kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain, pondasi dapat dilihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Pondasi Memanjang  
Sumber: Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1 (1996)

b. Pondasi Telapak

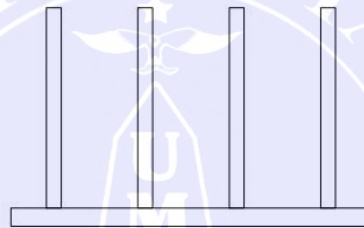
Pondasi telapak merupakan pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom, dapat dilihat pada gambar 2.2:



Gambar 2.2 Pondasi Telapak  
Sumber: Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1 (1996)

c. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

Pondasi rakit merupakan pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya berimpit satu sama lain. Pada gambar 2.3 jenis pondasi ini umumnya berlaku untuk tanah yang mempunyai daya dukung tanah yang sangat kecil



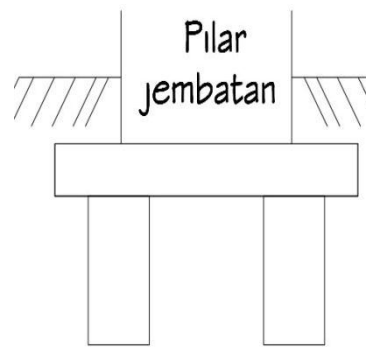
Gambar 2.3 Pondasi Rakit  
Sumber: Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1 (1996)

2.3.2 Pondasi Dalam (*Deep Foundation*)

Pondasi dalam ialah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras yang terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Adapun jenis pondasi dalam antara lain:

a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

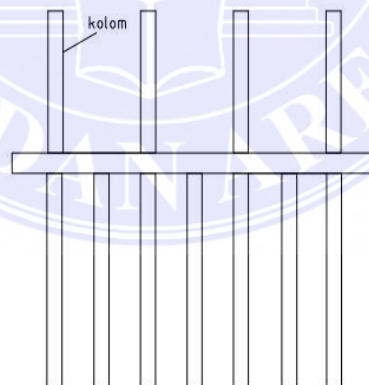
Pondasi ini merupakan peralihan antar pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalamanyang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebarnya ( $B$ ) lebih besar dari 4 sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$  dapat dilihat ada gambar 2.4:



Gambar 2.4 Pondasi Sumuran  
Sumber: Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1 (1996)

b. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles 1991), dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Pondasi Tiang  
Sumber: Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1 (1996)

## 2.4 Pondasi Tiang

### 2.4.1 Pengertian Pondasi Tiang

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

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

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Bowles 1991).

### 2.4.2 Klasifikasi Pondasi Tiang

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

#### a. Tiang Pancang (*Driven Pile*)

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

b. Tiang Bor (*Drilled Shaft*)

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

## 2.5 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya vertikal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. Distribusi muatan vertikal dibuat dengan menggunakan sebuah gesekan, atau tiang pancang "apung", sedangkan pemakaian beban secara langsung dibuat oleh sebuah titik ujung, atau tiang panjang ini semata-mata hanya dari segi kemudahan karena semua tiang pancang berfungsi sebagai kombinasi tahanan samping dan dukungan ujung kecuali bila tiang pancang menembus tanah yang sangat lembek sampai ke dasar padat (Bowles, 1991)

### 2.5.1 Kegunaan Pondasi Tiang Pancang

Menurut Bowles (1991), pada umumnya kegunaan tiang pancang adalah :

- Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat.
- Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.

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

### 2.5.2 Pemilihan Jenis Pondasi Tiang Pancang

Pemilihan tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak jenis variabel walaupun demikian harus ada indikator yang jelas yang dapat menunjukkan kesesuaian beberapa tiang pancang dengan kondisi-kondisi tertentu (Sardjono,1988).

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain :

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

### 2.5.3 Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Bahan

Menurut bahan yang digunakan tiang pancang dibagi menjadi enam

(Hardiyatmo, 2010) yaitu :

- Tiang Pancang Kayu

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

- Tiang Pancang Beton Pracetak

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

- Tiang Beton Cetak Ditempat

Pondasi tiang dicetak di tempat, dibentuk dengan cara menggali lubang dalam tanah dan mengisinya dengan beton. Lubang tersebut dapat dibor, tapi lebih sering dengan memancarkan sebuah sel atau corong casing ke dalam tanah. Tiang beton cetak di tempat terdiri dari dua tipe, yaitu: 1. Tiang yang berselubung pipa; 2. Tiang yang tidak berselubung pipa.

- Tiang Bor

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



- Tiang Baja Profil

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

- Tiang Komposit

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

#### 2.5.4 Keunggulan Pondasi Tiang Pancang

Menurut Bowles (1991), pada umumnya kegunaan tiang pancang adalah :

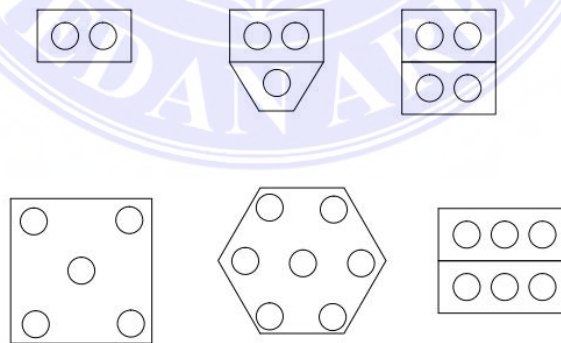
- Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat.
- Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.
- Memampatkan endapan tak berkoheesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
- Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan dan atau pier (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
- Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban di atas permukaan air melalui air dan ke dalam tanah yang mendasari air

tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh baik oleh beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

## 2.6 Pondasi Tiang Kelompok

Pondasi tiang kelompok merupakan gabungan dari beberapa tiang yang disebut dengan tiangkelompok (*pile group*). Di atas pile group biasanya diletakan suatu konstruksipoer (*footing*) yang mempersatukan kelompok tiang tersebut. Dalam perhitungan, perhitunganpoer dianggap/dibuat kaku sempurna, sehingga:

- Bila beban-beban yang bekerja pada kelompok tiang tersebut menimbulkanpenurunan maka setelah penurunan bidang *poer* tetap akan merupakan bidangdatar.
- Gaya-gaya yang bekerja pada tiang berbanding lurus dengan penurunan tiang-tiangtersebut.



Gambar 2 .6 Pola Kelompok Tiang  
Sumber: Hardiyatmo, Teknik Fondasi 1 (1996)

### 2.6.1 Kapasitas Kelompok Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Stabilitas kelompok tiang tergantung dari 2 hal, yaitu:

1. Kapasitas dukung tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang dalam mendukung beban total struktur.
2. Pengaruh penurunan konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang (Hardiyatmo, 2015).

Efisiensi kelompok tiang bergantung pada beberapa faktor, diantaranya:

- a. Jumlah tiang, panjang, diameter, pengaturan dan terutama jarak antar tiang.
- b. Modus pengalihan beban (gesekan selimut atau tahanan ujung).
- c. Prosedur pelaksanaan konstruksi (tiang pancang atau tiang bor).
- d. Urutan instalasi tiang.
- e. Waktu setelah pemasangan tiang.
- f. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
- g. Arah dari beban yang bekerja (Rahardjo, 2000).

### 2.6.2 Kapasitas Ijin Kelompok Tiang

Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$Q_g$  =Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.

$N$  = Jumlah tiang dalam kelompok.

$Q_u$  = Beban maksimum tiang tunggal.

Metode untuk menghitung efisiensi kelompok tiang anatar lain:

- o Metode Los Angels Group

$$E_g = 1 - \frac{D}{s.n.m} m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \dots (2.2)$$

Dimana:

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$\theta'$  = Arc tan  $d/s$

$m$  = Jumlah baris

$n$  = Jumlah tiang dalam 1 baris

$d$  = Diameter tiang

$s$  = Jarak pusat ke pusat tiang

### 2.6.3 Faktor Aman

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

- Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

- Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.

## 2.7 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah diperlukan untuk menentukan pilihan jenis pondasi, daya dukungnya, dan untuk menentukan metode konstruksi yang efisien. Karakteristik tanah amat bervariasi dan dapat berubah drastisnya dalam jarak beberapa meter. Tujuan langsung dari penyelidikan tanah adalah untuk menentukan stratigrafi atau pelapisan tanah, menentukan sifat-sifat fisis dan teknis tanah, khususnya kuat geser dan sifat kemampatannya. Secara umum tujuan yang ingin dicapai adalah:

1. Memberikan pandangan-pandangan tentang kelayakan suatu lokasi untuk proyek dari aspek kondisi tanah.
2. Menentukan karakteristik tanah dan kemungkinan perilakunya akibat pembebanan, menafsirkan data tersebut dan digunakan untuk merekomendasikan perancangan, metode konstruksi dan cara pengamatan (Rahardjo, 2000).

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah untuk keperluan

rekayasa (*engeneering*). Adapun tujuan dari penyelidikan tanah ini pada umumnya mencakup maksud - maksud sebagai berikut :

- Untuk menentukan kondisi alamiah dan lapisan - lapisan tanah di lokasi yang ditinjau;
- Untuk mendapatkan sampel tanah asli (*undisturbed*) dan tidak asli (*disturbed*) untuk mengidentifikasi tanah tersebut secara visual dan untuk keperluan pengujian laboratorium;
- Untuk menentukan kedalaman tanah keras;
- Untuk melakukan uji lapangan (*in-situ field test*) seperti uji rembesan, uji geser vane dan uji penetrasi baku;
- Untuk mengamati kondisi pengaliran air tanah kedalam dari lokasi tanah tersebut;
- Untuk mempelajari kemungkinan timbulnya masalah khusus perilaku bangunan yang sudah ada di sekitar lokasi tersebut.

Program penyelidikan tanah pada suatu bangunan secara umum dapat dibagi menjadi empat kategori utama, yaitu :

1. Memisahkan informasi yang telah ada dari bangunan yang akan didirikan informasi ini meliputi tipe bangunan dan penggunaannya di masa depan, ketentuan peraturan bangunan lokal dan informasi tentang kolom bangunan berikut dinding - dinding pendukung beban.
2. Mengumpulkan informasi yang telah ada untuk kondisi tanah dasar setempat program penyelidikan tanah akan menghasilkan penghematan yang besar bila para geolog yang mengepalai proyek tersebut lebih dahulu melakukan penelitian yang cermat terhadap

informasi yang telah ada tentang kondisi tanah di tempat tersebut karena informasi - informasi tersebut dapat memberikan gambaran yang lebih dalam tentang jenis - jenis dan masalah - masalah tanah yang mungkin akan dijumpai pada saat pengeboran tanah yang sebenarnya.

3. Peninjauan lapangan ke tempat lokasi proyek yang direncanakan Geolog yang bersangkutan sebaiknya melakukan inspeksi visual terhadap lokasi dan daerah sekitarnya, karena dalam banyak kasus informasi yang diperoleh dari peninjauan lapangan seperti itu akan sangat berguna pada perencanaan selanjutnya.
4. Peninjauan lapangan terperinci pada tahap ini termasuk pelaksanaan beberapa uji pengeboran di lokasi dan pengumpulan sampel tanah asli dan tidak asli dari berbagai kedalaman untuk diinspeksi langsung atau diuji di laboratorium.

#### 2.7.1 *Standard Penetration Test*(SPT)

*Standard Penetration Test*(SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Tujuan dari percobaan SPT ini adalah untuk menentukan kepadatan relatif lapisan tanah dari pengambilan contoh tanah dengan tabung sehingga diketahui jenis tanah dan ketebalan tiap-tiap lapisan kedalaman tanah dan untuk memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah serta menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkoheesi yang biasa sulit diambil sampelnya.

### 2.7.2 Cone Penetration Test atau Uji Sondir

Uji penetrasi kerucut statis atau uji sondir sangat berguna untuk memperoleh variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Nilai-nilai tahanan kerucut statis, atau tahanan konus ( $q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pada pondasi (Hardiyatmo, 2010). Tes ini dilakukan dengan cara mendorong konus (alat berbentuk kerucut) kedalam tanah, setelah itu akan terjadi perlawanan tanah kepada ujung konus, selanjutnya lekatan tanah pada selimut batang konus tersebut dilakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) dan gesekan selimut ( $f_s$ ).

#### a. Penyelidikan lapangan dengan sondir (CPT)

Alat sondir adalah suatu alat yang berbentuk silinder dengan ujungnya berupa suatu konus. Pembacaan tahanan ujung konus dan hambatan lekatnya dilakukan pada setiap kedalaman. Selanjutnya dilakukan perhitungan berdasarkan rumus sebagai berikut :

- Hambatan lekat (HL)

$$HL = (JP - PK) / A.B$$

- Jumlah hambatan lekat (JHL) :

$$JHL_i = \sum_{i=0}^n HL$$

dengan :

PK = Perlawanan penetrasi konus ( $q_c$ )

JP = Jlh perlawanan (perlawanan ujung konus + selimut)

A = Interval pembacaan

B = Faktor alat = luas konus



$i$  = Kedalaman lapisan yang ditinjau

## 2.8 Daya Dukung Tiang

Analisis daya dukung mempelajari kemampuannya tanah dalam mendukung beban fondasi struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. Perancangan fondasi harus dipertimbangkan terhadap keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Untuk ini, perlu dipenuhi dua kriteria, yaitu: kriteria stabilitas dan kriteria penurunan.

Untuk terjaminnya stabilitas jangka panjang, perhatian harus diberikan pada peletakdasar pondasi. Pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi resiko erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah, dan gangguan tanah di sekitar pondasi lainnya.

### 2.8.1 Metode Daya Dukung

Menurut Hardiyatmo (1996), analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya.

Persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan pondasi tiang yaitu:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya daya dukung harus dipenuhi. Dalam hitungan daya dukung, umumnya digunakan faktor aman 3.
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tak seragam

(*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Analisis-analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan.

### 2.8.2 Metode Meyerhoff

Analisis kapasitas dukung Meyerhof (1955) menganggap sudut baji $\beta$  (sudut antara bidang AD atau BD terhadap arah horizontal) tidak sama dengan  $\phi$ , tapi  $\beta > \phi$ . Akibatnya, bentuk baji lebih memanjang ke bawah bila dibandingkan dengan analisis Terzaghi. Zona keruntuhan berkembang dari dasar pondasi, ke atas sampai mencapai permukaan tanah. Jadi tahanan geser tanah di atas dasar pondasi diperhitungkan. Karena  $\beta > \phi$  nilai factor-factor kapasitas dukung Meyerhof lebih rendah daripada yang disarankan oleh Terzaghi. Namun, karena Meyerhof mempertimbangkan faktor pengaruh kedalaman pondasi, kapasitas dukungnya menjadi lebih besar.

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang (*pile foundation*) berdasarkan data (CPT) dengan menggunakan metode Meyerhoff, daya dukung pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K t$$

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JLH \times Kt}{5}$$

dengan :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang (kg)

$Q_{\text{Ijin}}$  = Kapasitas daya dukung ijin (kg)

$q_c$  = Tahanan ujung Sondir (kg/cm<sup>2</sup>)

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm)

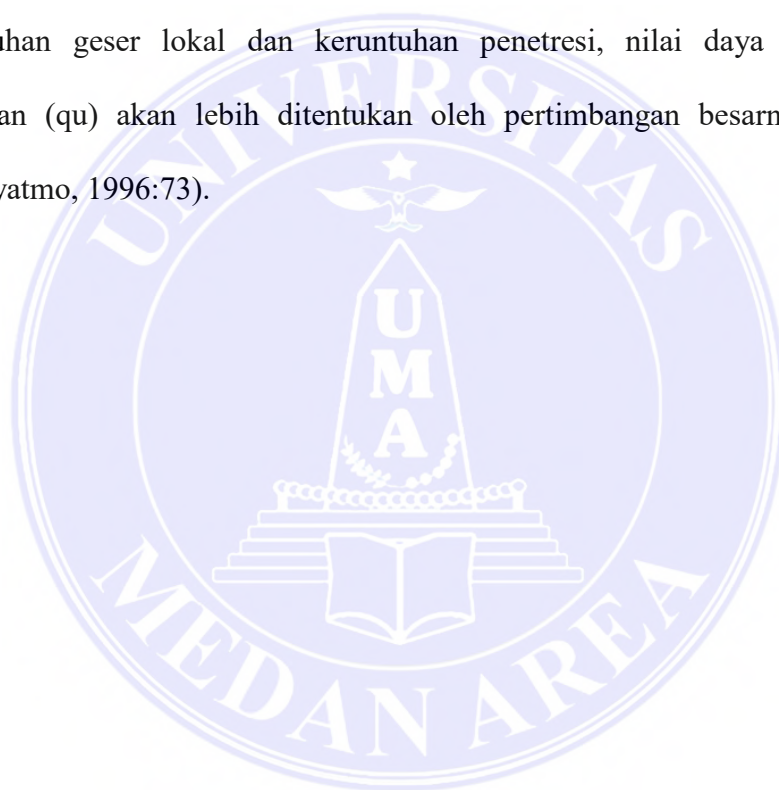
Kt = Keliling tiang (cm)

$A_p$  = Luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)

3 = Faktor keamanan daya dukung tiang

5 = Faktor keamanan gesekan selimut

Umumnya, jika hitungan daya dukung didasarkan pada analisis analisis keruntuhan geser lokal dan keruntuhan penetresi, nilai daya dukung yang diizinkan ( $q_u$ ) akan lebih ditentukan oleh pertimbangan besarnya penurunan (Hardiyatmo, 1996:73).



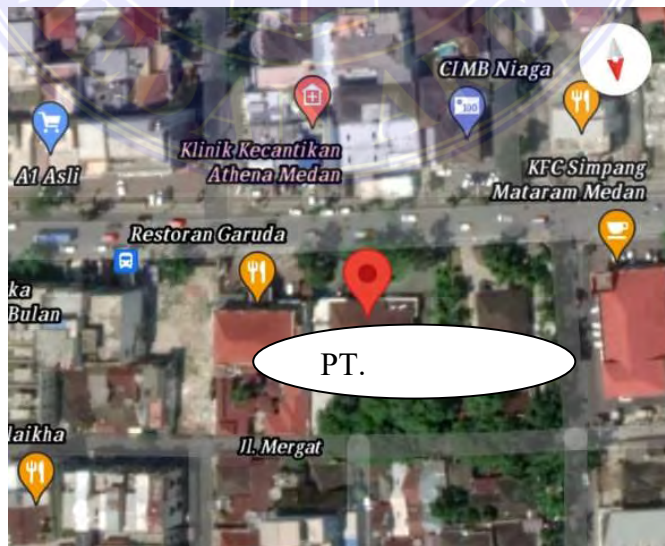
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Data Umum Proyek

Berikut adalah data informasi umum tentang Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna 7 Lantai, yang terletak di Jl. Gajah Mada, Petisah Tengah, Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara.

1. Nama Proyek :Pembanguna Kantor PT. Waruna Nusa Sentana
2. Lokasi Proyek : Jl. Gajah Mada, Kec. Medan Petisah.
3. Pemilik Proyek : PT. Waruna Nusa Sentana
4. Kontraktor : PT. Prima Abadi Jaya
5. Konsultan Perencana : PT. Maxim Gritama
6. Konsultan Pengawas : CV. Star Mandiri
7. Peta Lokasi : Dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna Nusa Sentana

### 3.2 Data Teknis Proyek

Data teknis tiang pancang yang diperoleh dari pihak kontraktor/konsultan sebagai berikut:

- Bentuk tiang pancang = Bulat Ø 40 cm
- Panjang tiang pancang = 9meter
- Mutu Beton = K-300

### 3.3 Pengumpulan Data

#### 3.3.1 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan adalah:

- ❖ Metode Observasi adalah data yang berhubungan dengan data teknis gedung dan pondasi diperoleh langsung dari lokasi Proyek Pembangunan Kantor PT. Waruna Nusa Sentana.
- ❖ Pengambilan Data  
Adapun data yang diambil meliputi:
  - Gambar lengkap (denah, potongan, detail-detail).
  - Denah pondasi.
- ❖ Membaca studi kepustakaan yaitu membaca dan mengutip isi buku, jurnal penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan permasalahan yang ditinjau untuk melengkapi dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

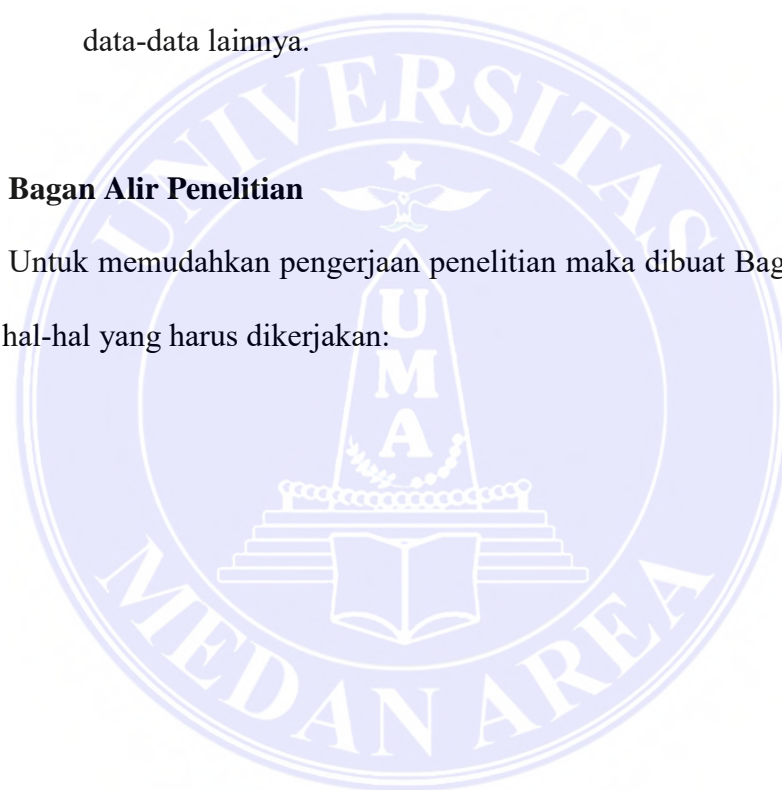
#### 3.3.2 Sumber Data

Sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain:

- Data primer ialah data yang diperoleh langsung dari lapangan untuk dijadikan data dasar. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey, wawancara kepada pihak owner, kontraktor pelaksana maupun konsultan.
- Data skunder ialah data yang diperoleh penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek seperti deskripsi bangunan, desain bangunan, dan data-data lainnya.

### 3.4 Bagan Alir Penelitian

Untuk memudahkan pengerjaan penelitian maka dibuat Bagan Alir tentang urutan hal-hal yang harus dikerjakan:





Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari rumusan masalah yang ada dapat disimpulkan bahwa dari analisis perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada Bangunan Kantor Waruna Nusa Sentana Medan, didapat pondasi tiang pancang yang aman dengan hasil perencanaan sebagai berikut:

1. Daya dukung aksial pondasi tiang pancang lebih besar dari beban vertikal yang ditahan. Pondasi tiang pancang ini memenuhi untuk digunakan, hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang diperoleh nilai dari daya dukung ultimit tiang pancang pada kedalaman 24 m dengan data sondir sebesar 268,934 ton. Ketahanan Aksial (vertikal) Pada Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Hasil Uji Sondir di peroleh 346,67 KN, Ketahanan Aksial (vertikal) Pada Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Kekuatan Bahan di peroleh 512,50 KN , Gaya Aksial (vertikal) Maksimum yang bekerja pada tiang pancang tunggal (Pumax) diperoleh 130,10 KN dan Efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode *Los Angels Group* (Eg) di peroleh 0, 8412. Tahanan Lateral ( horizontal ) pada tiang pancang tunggal di peroleh 52,68 KN, Gaya Lateral (horizontal) Maksimum yang bekerja pada tiang pancang tunggal (Humax) 34,40 KN
2. Jumlah tiang yang dipakai pada analisis ini mempunyai masing-masing tipe pondasi yaitu pondasi tipe 1(tunggal) sebanyak 2 titik, dan untuk pondasi tipe 2 (kelompok) sebanyak 4 titik.



## 5.2 Saran

1. Pada saat merencanakan pondasi sebaiknya mempertimbangkan jenis pondasi yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Pemilihan jenis pondasi bergantung pada kondisi tanah.
2. Untuk mempermudah menganalisis dan mendapatkan hasil yang efisien sebaiknya data yang diperlukan harus sesuai dengan kebutuhan.
3. Dalam menganalisis daya dukung pondasi tiang pancang banyak metode lain yang dapat digunakan agar memperoleh hasil yang lebih akurat dan dapat digunakan sebagai bahan perbandingan.
4. Peneliti harus lebih teliti dalam menganalisis ketika melaksanakan pengujian dalam penggunaan peralatan ataupun pembacaan hasil yang tertera pada sebagian alat uji hingga pada pengolahan data.

## DAFTAR PUSTAKA

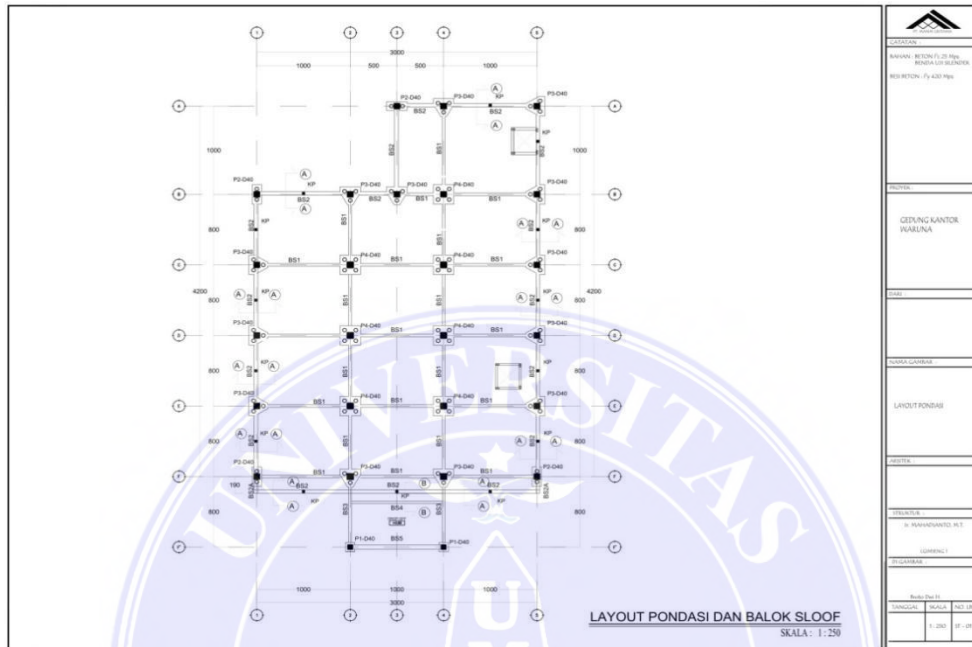
- Arfan, M., Kateni, D. & Setiawati, M. (2020). "*Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Politeknik Pariwisata Palembang*". Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil, Vol.6 No.3, 144-153.
- Candra, A. I., Rizky, F. A. & Yusuf, A. (2018). "*Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung LP3M Universitas Kadiri*". Jurnal Civilla, Vol.3 No.2, 166-171.
- Christady, H. H. (1996). "*Teknik Fondasi*". Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Hartanto, D., Cahyo, Y. Winarto, & Candra, A. I. (2018). "*Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Sekretariat Dewan DPRD Kabupaten Kediri*". Jurnal Penelitian Jurmateks, Vol.1, No. 2, 303-312.
- Hardiyatmo, H.C. (1996). *Teknik Fondasi I*. Penerbit: PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. (1996). *Teknik Fondasi II*. Penerbit: PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- R SNI2 1727:2018. *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2018
- Simbolon, I. R. (2009). "*Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (Mini Pile) Pada Proyek Pembangunan Rsia Stella Mariss Jalan Samanhudi – Medan*". Skripsi. Universitas Sumatera Utara: Medan
- SNI 2847:2019. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2019.
- SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2019.
- Tambunan, J.(2012). "*Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang*". Jurnal Rancang Sipil, Vol.1, No.1 , 21-30.

Tobing, D. L. (2019). “*Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Pembangunan Gedung Wahid Hasyim Apartemen Medan*”. Skripsi. Universitas Medan Area: Medan.





## LAMPIRAN

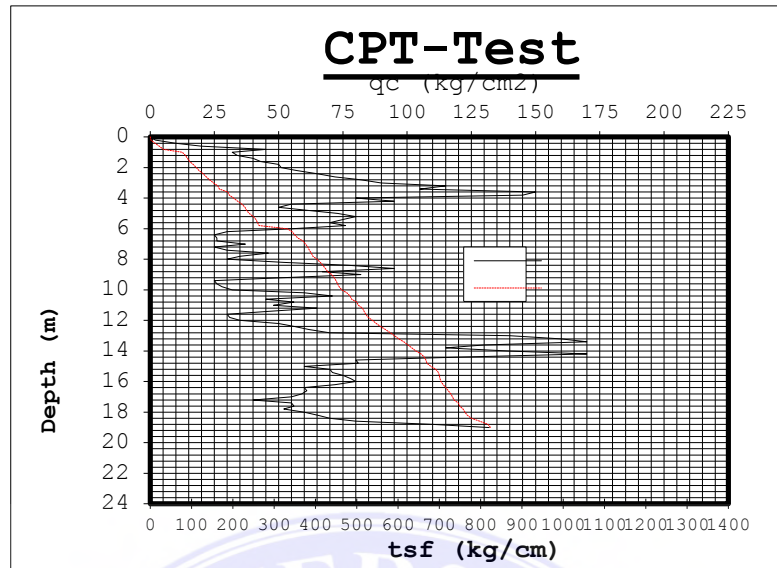
### 1. Gambar *Layout* Rencana Pondasi



### 2. Data *Cone Penetration Test*( Sondir )

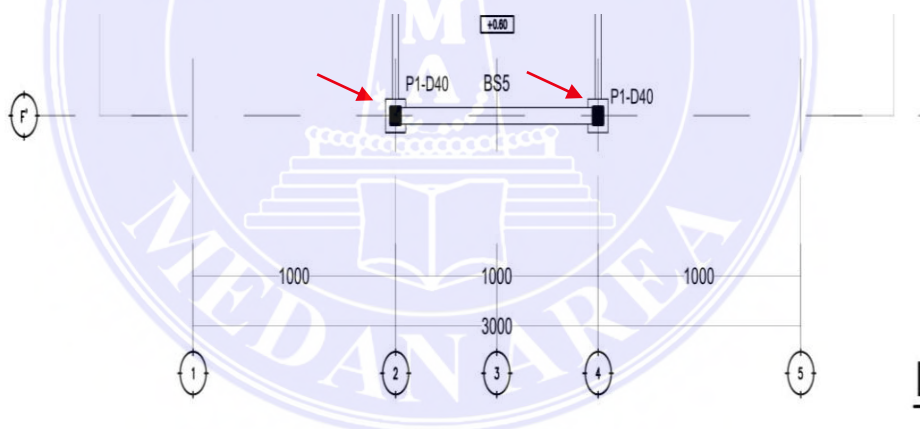
Data Sondiring		Geotechnic & Structure Engineering Centre Civil Engineering Department Santo Thomas Chatholic University Jl. Setia Budi No. 479 F-Tanjung Sari Medan 20131 Telp: (061) 8111141-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51				
Project	Pembangunan Kantor Waruna					
Location	Jl. Gajah Mada, Kec. Medan Petisah					
Date	12 Oktober 2019	No Test	: S1			
Tested By	: Handani	Capacity	: 2.5 Ton			
Checked By	: Ir. Samsandi Bahura, MT	Water Level Position	: -			
Depth (m)	Cone Resistance (qc) kg/cm <sup>2</sup>	Total Resistance kg/cm <sup>2</sup>	Skin Friction (fs) kg/cm <sup>2</sup>	fs*20/10 kg/cm <sup>2</sup>	Cumulative Skin Friction kg/cm <sup>2</sup>	Local Skin Friction kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0	0	0	0	0	0
0.20	2	3	1	2	2	0.1
0.40	16	15	5	10	12	0.5
0.60	20	25	5	10	22	0.5
0.80	45	50	5	10	32	0.5
1.00	32	55	23	46	78	2.3
1.20	34	38	4	8	86	0.4
1.40	40	42	2	4	90	0.2
1.60	43	46	3	6	96	0.3
1.80	50	54	4	8	104	0.4
2.00	51	55	4	8	112	0.4
2.20	57	60	3	6	118	0.3
2.40	65	70	5	10	128	0.5
2.60	72	76	4	8	136	0.4
2.80	82	86	4	8	144	0.4
3.00	90	95	5	10	154	0.5
3.20	115	120	5	10	164	0.5
3.40	105	107	2	4	168	0.2
3.60	150	160	10	20	188	1
3.80	145	147	2	4	192	0.2
4.00	80	85	5	10	202	0.5
4.20	95	100	5	10	212	0.5
4.40	55	60	5	10	222	0.5
4.60	50	54	4	8	230	0.4
4.80	62	64	2	4	234	0.2
5.00	73	76	3	6	240	0.3
5.20	80	85	3	6	250	0.3
5.40	75	78	3	6	256	0.3
5.60	70	72	2	4	260	0.2
5.80	76	78	2	4	264	0.2
6.00	55	89	34	68	332	3.4
6.20	30	36	6	12	344	0.6
6.40	25	28	3	6	350	0.3
6.60	26	30	4	8	358	0.4
6.80	26	32	6	12	370	0.6

Data Sondring		 Geotechnic & Structure Engineering Centre Civil Engineering Department Santo Thomas Catholic University Jl. Setia Budi No. 479 F-Tanjung Sari Medan 20131 Telp. (061) 8210141-Faksa (061) 8213228				
Project : Pembangunan Kantor Waruna Location : Jl. Gajah Mada, Kec. Medan Petisah Date : 12 Oktober 2019 Tested By : Hamdani Checked By : Ir. Samsuardi Batubara, MT No. Teff : :SI Capacity : :2.5 Ton Water Level Position : :-						
Depth (m)	Cone Resistance (qc) kg/cm <sup>2</sup>	Total Resistance kg/cm <sup>2</sup>	Skin Friction (fs) kg/cm <sup>2</sup>	fs*20/10 kg/cm <sup>2</sup>	Cumulative Skin Friction kg/cm <sup>2</sup>	Local Skin Friction kg/cm <sup>2</sup>
7.00	37	40	3	6	376	0.3
7.20	25	28	3	6	382	0.3
7.40	30	32	2	4	386	0.2
7.60	46	48	2	4	390	0.2
7.80	35	37	2	4	394	0.2
8.00	30	35	3	6	404	0.5
8.20	52	56	4	8	412	0.4
8.40	77	80	3	6	418	0.3
8.60	95	98	3	6	424	0.3
8.80	67	70	3	6	430	0.3
9.00	82	87	3	6	440	0.5
9.20	51	54	3	6	446	0.3
9.40	25	27	2	4	450	0.2
9.60	26	28	2	4	454	0.2
9.80	28	30	2	4	458	0.2
10.00	32	35	3	6	464	0.3
10.20	60	66	4	8	476	0.6
10.40	71	75	4	8	484	0.4
10.60	45	47	2	4	488	0.2
10.80	56	62	6	12	500	0.6
11.00	48	50	2	4	504	0.2
11.20	65	70	3	6	514	0.5
11.40	46	48	2	4	518	0.2
11.60	30	32	2	4	522	0.2
11.80	31	34	3	6	528	0.3
12.00	35	40	3	6	538	0.5
12.20	50	55	3	6	548	0.5
12.40	56	61	3	6	558	0.5
12.60	62	68	4	8	570	0.6
12.80	70	76	4	8	582	0.6
13.00	140	145	3	6	592	0.5
13.20	160	165	3	6	602	0.5
13.40	170	176	4	8	614	0.6
13.60	130	135	3	6	624	0.5
13.80	115	120	3	6	634	0.5
14.00	140	145	3	6	644	0.5
Data Sondring		 Geotechnic & Structure Engineering Centre Civil Engineering Department Santo Thomas Catholic University Jl. Setia Budi No. 479 F-Tanjung Sari Medan 20131 Telp. (061) 8210141-Faksa (061) 8213228				
Project : Pembangunan Kantor Waruna Location : Jl. Gajah Mada, Kec. Medan Petisah Date : 12 Oktober 2019 Tested By : Hamdani Checked By : Ir. Samsuardi Batubara, MT No. Teff : :SI Capacity : :2.5 Ton Water Level Position : :-						
Depth (m)	Cone Resistance (qc) kg/cm <sup>2</sup>	Total Resistance kg/cm <sup>2</sup>	Skin Friction (fs) kg/cm <sup>2</sup>	fs*20/10 kg/cm <sup>2</sup>	Cumulative Skin Friction kg/cm <sup>2</sup>	Local Skin Friction kg/cm <sup>2</sup>
21.20			0	0	0	0
21.40			0	0	0	0
21.60	200	210	10	20	20	0
21.80	212	222	10	20	40	1
22.00	212	224	12	24	64	1.2
22.20	210	218	8	16	74	0.5
22.40	217	223	4	8	86	0.6
22.60	190	197	7	14	100	0.7
22.80	172	180	8	16	118	0.8
23.00	190	200	8	16	132	0.8
23.20	215	230	15	30	162	1.5
23.40	215	237	22	44	206	2.2
23.60	212	225	13	26	232	1.3
23.80	218	235	17	34	266	1.7
24.00	210	220	10	20	286	1
24.20	225	235	10	20	306	1
24.40	235	250	15	30	336	1.5
24.60						
24.80						
25.00						
25.20						
25.40						
25.60						
25.80						
26.00						
26.20						
26.40						
26.60						
26.80						
27.00						
27.20						
27.40						
27.60						
27.80						
28.00						



3. Data Sap 2000

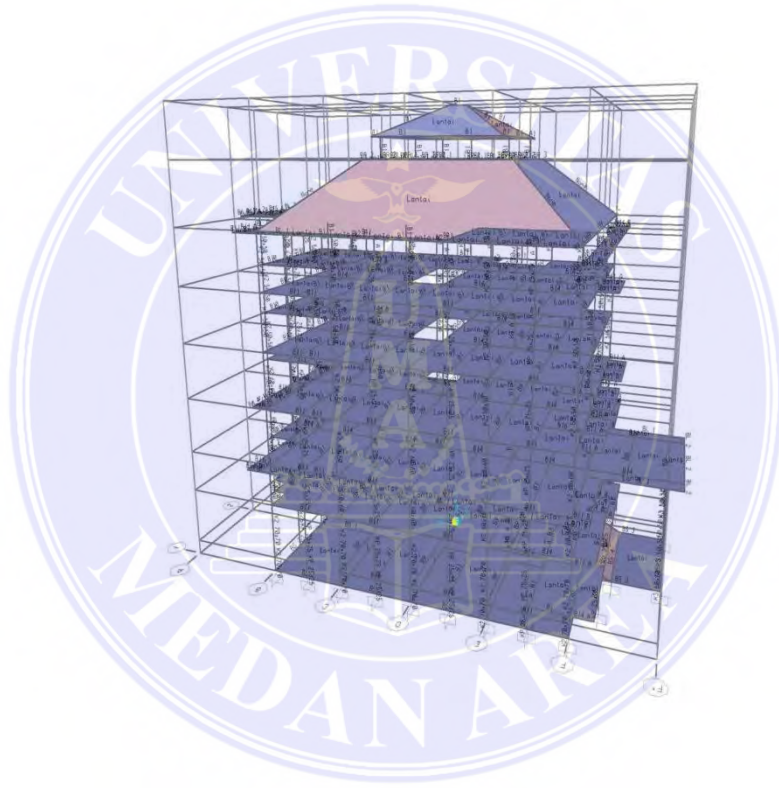
❖ Pondasi 1



**TABLE: Element Forces - Frames**

Frame	Station	OutputCas	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
676	0	ENVELOPE	Combinat	Max	-77.984	21.321	22.484	0.9032	218.6865	171.4376	676-1	0
676	0.7	ENVELOPE	Combinat	Max	-74.832	21.321	22.484	0.9032	203.3768	209.9854	676-1	0.7
676	1.4	ENVELOPE	Combinat	Max	-71.681	21.321	22.484	0.9032	192.0635	252.0621	676-1	1.4
676	0	ENVELOPE	Combinat	Min	-588.681	-60.11	-33.486	-0.8795	-123.2466	-123.567	676-1	0
676	0.7	ENVELOPE	Combinat	Min	-583.725	-60.11	-33.486	-0.8795	-106.7914	-121.078	676-1	0.7
676	1.4	ENVELOPE	Combinat	Min	-578.769	-60.11	-33.486	-0.8795	-92.2681	-122.965	676-1	1.4

TABLE: Element Forces - Frames													
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m	
679	0	ENVELOP	Combinat	Max	-79.556	51.768	20.758	0.9032	216.7038	180.2403	679-1	0	
679	0.7	ENVELOP	Combinat	Max	-76.404	51.768	20.758	0.9032	202.792	202.1356	679-1	0.7	
679	1.4	ENVELOP	Combinat	Max	-73.253	51.768	20.758	0.9032	192.695	227.6318	679-1	1.4	
679	0	ENVELOP	Combinat	Min	-638.62	-36.423	-33.171	-0.8795	-119.082	-112.146	679-1	0	
679	0.7	ENVELOP	Combinat	Min	-633.099	-36.423	-33.171	-0.8795	-103.47	-131.042	679-1	0.7	
679	1.4	ENVELOP	Combinat	Min	-627.577	-36.423	-33.171	-0.8795	-89.9414	-154.287	679-1	1.4	



❖ Pondasi 2

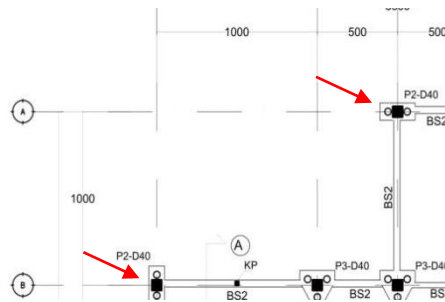
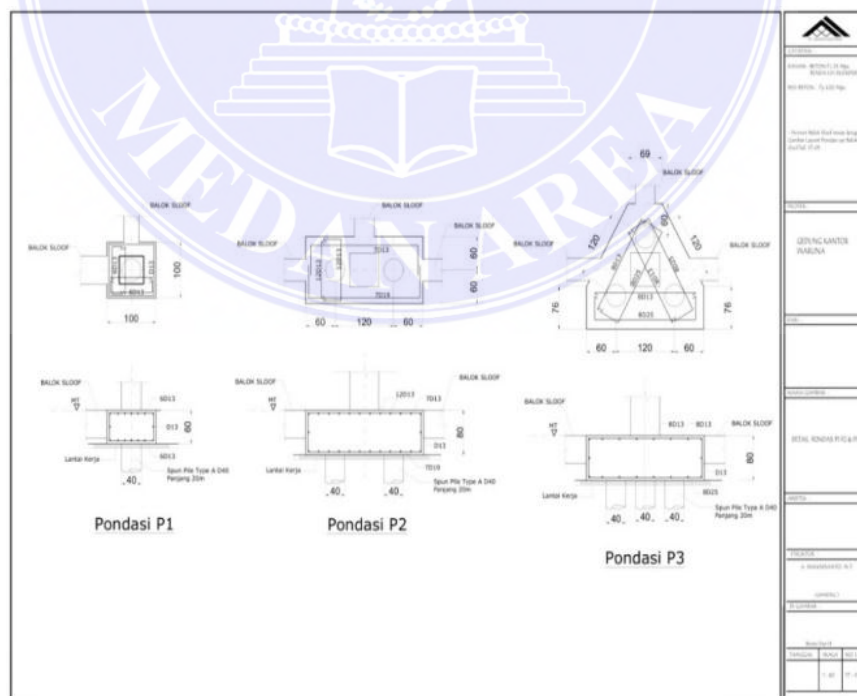
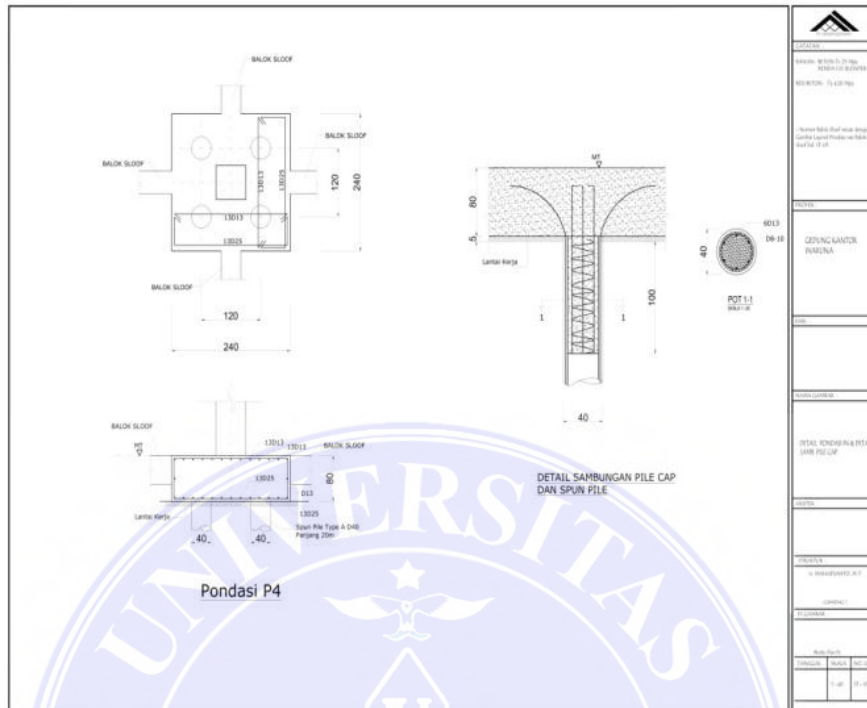


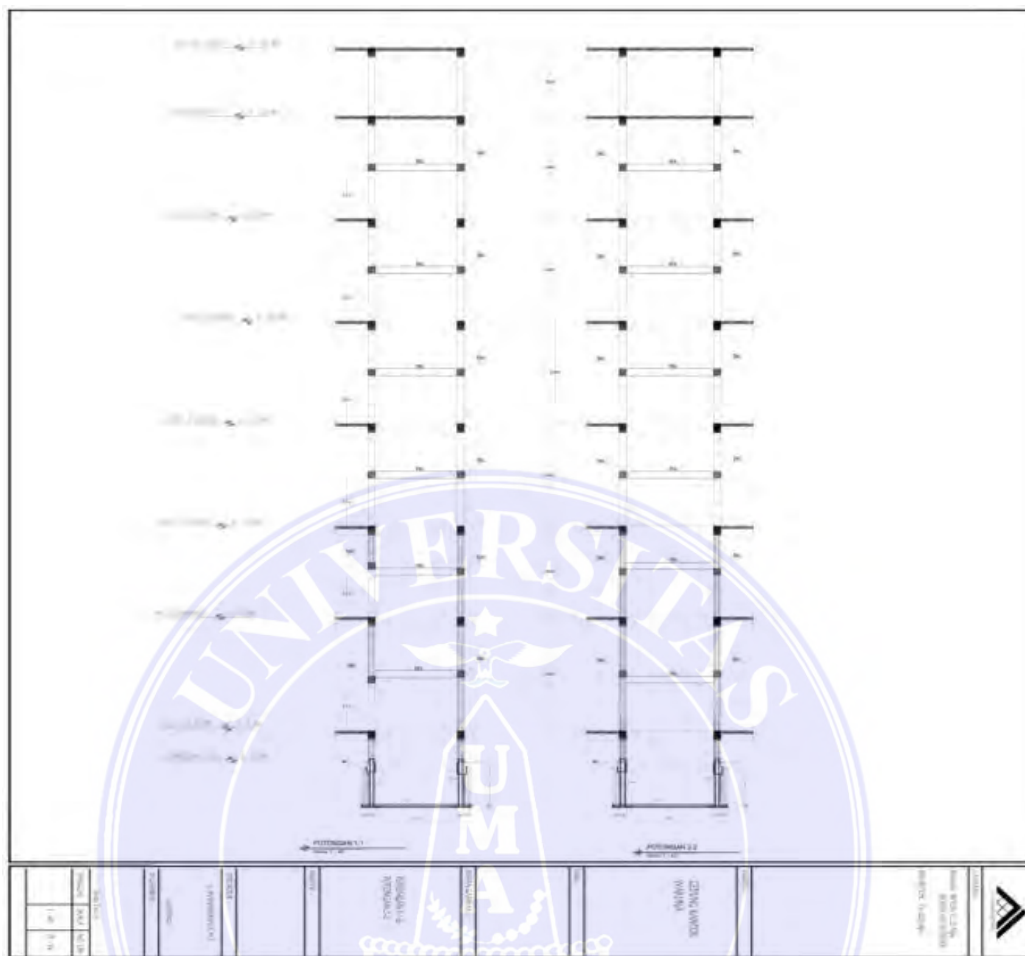
TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
762	0	ENVELOPE	Combinat	Max	-402.189	148.164	152.241	3.4697	745.0008	835.3122	762-1	0
762	0.7	ENVELOPE	Combinat	Max	-396.012	148.164	152.241	3.4697	912.1041	895.92	762-1	0.7
762	1.4	ENVELOPE	Combinat	Max	-389.836	148.164	152.241	3.4697	1081.5769	958.281	762-1	1.4
762	0	ENVELOPE	Combinat	Min	-4906.28	-97.34	-247.109	-3.3786	-438.7316	-377.926	762-1	0
762	0.7	ENVELOPE	Combinat	Min	-4895.46	-97.34	-247.109	-3.3786	-516.4847	-402.253	762-1	0.7
762	1.4	ENVELOPE	Combinat	Min	-4884.64	-97.34	-247.109	-3.3786	-603.8517	-444.658	762-1	1.4

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m
776	0	ENVELOPE	Combinat	Max	1566.447	440.942	250.203	3.4697	870.5572	1016.45	776-1	0
776	0.7	ENVELOPE	Combinat	Max	1572.623	440.942	250.203	3.4697	733.7748	716.5129	776-1	0.7
776	1.4	ENVELOPE	Combinat	Max	1578.799	440.942	250.203	3.4697	613.312	427.7717	776-1	1.4
776	0	ENVELOPE	Combinat	Min	-3352.33	-302.84	36.004	-3.3786	-406.912	-481.039	776-1	0
776	0.7	ENVELOPE	Combinat	Min	-3341.51	-302.84	36.004	-3.3786	-453.665	-286.423	776-1	0.7
776	1.4	ENVELOPE	Combinat	Min	-3330.69	-302.84	36.004	-3.3786	-508.201	-128.355	776-1	1.4



4. Detail Pondasi





## 5. Foto Dokumentasi Lapangan

