

TUGAS AKHIR

ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL & HORIZONTAL PONDASI TIANG PANCANG PADA STRUKTUR SHEAR WALL RUMAH SUSUN UNIMED MEDAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

KARIADI SUPARDI HARJO

1607210074



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Kariadi Supardi Harjo
Npm : 1607210074
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Aksial & Horizontal Pondasi Tiang Pancang Pada Struktur Shear Wall Rumah Susun Unimed Medan (Studi Kasus)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 17 Maret 2021

Dosen Pembimbing



Fadliansyah S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Kariadi Supardi Harjo

NPM : 1607210074

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Aksial & Horizontal Pondasi Tiang
Pancang Pada Struktur Shear Wall Rumah Susun Unimed
Medan.

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 17 Maret 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Fadliansyah S.T., M.T.

Dosen Penguji I



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji II



Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc.

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kariadi Supardi Harjo
Tempat/Tanggal Lahir : Sukamaju/ 20 Maret 1997
NPM : 1607210074
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Daya Dukung Aksial & Horizontal Pondasi Tiang Pancang Pada Struktur Shear Wall Rumah Susun Unimed Medan”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 17 Maret 2021
Saya yang menyatakan,



Kariadi Supardi Harjo

ABSTRAK

ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL DAN HORIZONTAL PONDASI TIANG PANCANG PADA STRUKTUR SHEAR WALL RUMAH SUSUN UNIMED MEDAN

Kariadi Supardi Harjo
1607210074
Fadliansyah S.T, M.T

Melihat pada kondisi peta topografi wilayah Indonesia merupakan wilayah yang memiliki beragam jenis tanah dan Indonesia merupakan kawasan yang sering terjadi gempa. Beberapa kegagalan struktur gedung yang terjadi sering diakibatkan oleh pondasi yang tidak mampu menahan beban yang direncanakan. Pondasi sendiri memiliki peran penting yaitu; meneruskan beban yang bekerja pada struktur atas untuk diteruskan ke lapisan tanah keras yang berada dibawahnya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui daya dukung izin pondasi tiang pancang pada struktur shearwall rumah susun unimed medan dari beberapa metode agar didapat desain pondasi yang ekonomis, aman dan sesuai kebutuhan beban rencana. Hasil perhitungan daya dukung aksial tiang tunggal metode analitik berdasarkan data SPT dan LAB di dapat; Meyerhof 1956: 73.20 ton, Decourt: 67.83 ton, metode Janbu: 67.82 ton, penurunan yang terjadi pada tiang tunggal berdasarkan Vesic 0.7 cm. Berdasarkan perhitungan software geotek didapat daya dukung izin aksial 75.75 ton dengan penurunan 0.17 cm. Hasil pengujian *Pile Driving Analyze* (PDA) didapat total bearing capacity 78 ton dengan penurunan 0.1 cm. Adapun daya dukung lateral ultimate metode broms 4.94 ton dengan defleksi 0.99 cm, sementara itu defleksi yang terjadi hasil analisis all pile 0.22 cm dengan defleksi yang di izinkan 2.5 cm. Daya dukung aksial izin kelompok tiang metode Converse – Labarre formula di dapat 403.54 ton, sedangkan hasil software geotek di dapat 540.05 ton. Daya dukung ultimate lateral kelompok metode broms 9.31 ton, dengan defleksi 0.99 cm. Hasil software geotek di dapat defleksi 0.053 cm dan defleksi yang diizinkan 2.5 cm.

Kata kunci: Tiang Pancang, SPT, Uji Laboratorium, Meyerhof 1956, Decourt, Janbu, Penurunan, Daya Dukung Lateral, Defleksi, Analisis Allpile.

ABSTRACT

ANALYSIS OF AXIAL AND HORIZONTAL SUPPORT OF PILE FOUNDATIONS ON SHEAR WALL STRUCTURE OF UNIMED MEDAN APARTMENT

Kariadi Supardi Harjo
1607210074
Fadliansyah ST, MT

Looking at the topographic map conditions of Indonesia is an area that has various types of soil and Indonesia is an area that often occurs earthquakes. Several structural failures that occur are often the result of the foundation being unable to withstand the planned loads. The foundation itself has an important role, namely; forward the load acting on the upper structure to be passed on to the hard soil layer below it. The purpose of this study is to determine the bearing capacity of the pile foundation permits in the shearwall structure of the flat unimed terrain from several methods in order to obtain an economical, safe and suitable load design foundation. The results of the calculation of the axial bearing capacity of a single pile using the analytical method based on SPT and LAB data can be obtained; Meyerhof 1956: 73.20 tonnes, L. Decourt: 67.83 tonnes, Janbu method: 67.82 tonnes, settlement occurring on a single pile based on Vesic 0.7 cm. Based on all pile calculations, the axial permit bearing capacity is 75.75 tons with a decrease of 0.17 cm. The pile driving analyze (PDA) test results obtained a total bearing capacity of 82 tons with a decrease of 0.1 cm. The lateral ultimate bearing capacity of the Broms method is 4.94 tons with a deflection of 0.99 cm, meanwhile the deflection that occurs is the result of all pile analysis of 0.22 cm with a allowable deflection of 2.5 cm. The axial bearing capacity of the Converse - Labarre formula pile group permit was obtained for 403.54 tons, while the all pile software yield was 540.05 tons. The ultimate lateral bearing capacity of the Broms method group is 9.31 tons, with a deflection of 0.99 cm. All pile software results in a deflection of 0.053 cm and an allowable deflection of 2.5 cm.

Keywords: Piles, SPT, Laboratory Test, Meyerhof 1956, Decourt, Janbu, Settlement, Lateral Supporting Capacity, Deflection, Allpile Analysis.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua. Tak lupa pula shalawat beriring salam semoga tercurah kepada Rasulullah SAW beserta keluarganya, sehingga dengan petunjuknya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul “Analisis Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Pondasi Tiang Pancang Pada Struktur Shear Wall Rumah Susun Unimed Medan, di Jl. William Iskandar, Medan.

Melihat pada kondisi peta topografi wilayah Indonesia merupakan wilayah yang memiliki beraneka ragam jenis tanah dan Indonesia merupakan kawasan yang cukup sering terjadi gempa. Beberapa kejadian kegagalan struktur gedung yang terjadi sering diakibatkan oleh pondasi yang tidak mampu menahan beban yang bekerja untuk disalurkan ketanah dasar, sehingga terjadi kerusakan pada aspek non-struktur maupun aspek struktural, bahkan ada beberapa kasus kegagalan pondasi yang sampai mengakibatkan turunnya elevasi lantai dasar gedung. Dengan keanekaragaman jenis tanah tersebut membuat perlakuan serta pemilihan jenis pondasi setiap gedung berbeda-beda, Hal ini yang mendorong penulis mengambil tema tugas akhir tentang pondasi dalam.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Srata Satu (S1) pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa betapa berat dan banyaknya halangan yang datang dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, namun dengan bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, sehingga hambatan tersebut akhirnya dapat dilalui. Pada kesempatan ini pula penulis tak lupa menyampaikan terimah kasih dengan setulusnya kepada:

1. Teristimewa dan sangat luar biasa untuk kedua orang tua penulis Ayahanda dan Ibunda tercinta.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberikan arahan dan motivasi.
4. Bapak Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberikan arahan dan motivasi.
5. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T., M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Fadliansyah, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan pengarahan serta bimbingan dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
7. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T selaku Dosen Koordinator struktur yang telah banyak meluangkan waktu dan memberikan pengarahan serta bimbingan dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terlebih buat teman-teman kelas A1, Struktur stambuk 2016, terimakasih banyak atas pengalamannya mulai dari awal masuk sampai sekarang, semoga apa yang kita cita-citakan semuanya dapat terlaksana dan bermanfaat bagi lingkungan sekitar.
10. Terkhusus buat saudara penulis, Bina Ariani, S.KM, dan M.Diki Dermawan.

Menyadari skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan penulis sendiri khususnya.

Medan, 17 Maret 2021



Kariadi Supardi Harjo

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Pondasi	6
2.1.1 Klasifikasi Pondasi	8
2.1.2 Penggolongan Pondasi Tiang	12
2.1.3 Pondasi Tiang Pancang (<i>Pile Pondation</i>)	14
2.1.4 Penggolongan Pondasi Tiang Pancang	16
2.1.5 Alat Pancang Tiang	23
2.1.6 Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang	24
2.2 Penyelidikan Tanah Di Lapangan	28
2.2.1 Pemboran (<i>Drilling</i>)	28
2.2.2 Pengambilan Contoh Tanah (<i>Soil Sampling</i>)	28
2.2.3 Pengujian Penetration (<i>Penetration Test</i>)	29
2.2.4 Pengujian PDA	30
2.3 Penyelidikan Tanah Di Laboratorium	31

2.4	Kapasitas Daya Dukung Tiang	34
2.4.1	Daya Dukung Ujung Dan Tiang Gesek	34
2.4.2	Faktor Aman	35
2.4.3	Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Hasil SPT	35
2.4.4	Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Hasil Kuat Geser Tanah	38
2.5	Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok	40
2.5.1	Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi Tiang Pondasi	42
2.5.2	Penurunan Pada Tiang Tunggal	44
2.5.3	Penurunan Pada Tiang Kelompok	46
2.5.4	Penurunan Yang Diizinkan	47
2.6	Beban Lateral	48
2.6.1	Metode Brom's	48
2.6.2	Menentukan Tiang Panjang Atau Tiang Pendek	49
2.6.3	Daya Dukung Lateral Tiang Kelompok	52
BAB 3 METODE PENELITIAN		54
3.1	Data Umum	54
3.2	Data teknis Tiang Pancang	54
3.3	Metode Pengumpulan Data	57
3.4	Tahapan Penelitian	57
3.5	Lokasi titik Bor dan PDA Test	60
3.6	Detail Pile cap Dan Pondasi Pada Titik Shearwall	60
3.7	Pengumpulan Data	61
3.7.1	Data Tanah	61
3.7.2	Data Pembebanan Struktur Atas	64
3.8	Perhitungan Daya dukung UltimateTiang Tunggal	64
3.9	Perhitungan Daya Dukung Tiang Grup	69
3.10	Perhitungan Penurunan (<i>Settlement Pondasi</i>)	69
3.11	Analisa Data PDA (<i>Pile Driving Analyze</i>).	70
3.12	Kesimpulan	70
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN		71
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian	71

4.2	Gambaran Umum Rumah Susun Unimed Medan	71
4.3	Hasil Dan Pembahasan	71
4.3.1	Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	71
4.3.2	Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Group	98
4.3.3	Menghitung Penurunan (<i>Settlement</i>)	102
4.3.4	Menghitung Daya Dukung Lateral Metode Brom's	105
4.4	Hasil Analisa Menggunakan Software Geotek	118
4.4.1	Data Joint Reaksi Pada PC 21	118
4.4.2	Analisa Daya Dukung Tiang Tunggal (Software Geotek)	120
4.4.3	Analisa Daya Dukung Tiang Group (Software Geotek)	128
4.5	Hasil Uji Pile Driving Analyze Test (PDA)	132
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		133
5.1	Kesimpulan	133
5.2	Saran	136
DAFTAR PUSTAKA		137
LAMPIRAN		139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Macam-macam tipe pondasi berdasarkan kualitas material dan cara pembuatan	13
Tabel 2.2 : Macam-macam tipe pondasi berdasarkan Teknik pemasangan	13
Tabel 2.3 : Nilai koefisien tanah menurut Decourt	37
Tabel 2.4 : Faktor daya dukung tanah	38
Tabel 2.5 : Nilai koefisien Cp	45
Tabel 2.6 : Angka poisson ratio	45
Tabel 2.7 : Modulus Elastis tanah (Es)	46
Tabel 3.1 : Data Hasil Uji SPT	57
Tabel 3.2 : Tabel Hasil uji LAB	63
Tabel 3.3 : Daya Dukung Ultimate Metode Meyerhof 1956	66
Tabel 3.4 : Daya Dukung Ultimate Metode L. Decourt 1982	67
Tabel 3.5 : Daya Dukung Ultimate tiang Metode Janbu	68
Tabel 3.6 : Daya Dukung Selimut Tiang Metode Meyerhof	68
Tabel 3.7 : Daya Dukung Ultimate Tiang	68
Tabel 4.1 : Parameter Data Hasil Uji LAB	94
Tabel 4.2 : Faktor Daya Dukung	94
Tabel 4.3 : Total Daya Dukung Ultimate Group Potongan Gambar I	100
Tabel 4.4 : Total Daya Dukung Ultimate Group Potongan Gambar 2	102
Tabel 4.5 : Daya Dukung Group PC 21	102
Tabel 4.6 : Batas Penurunan Yang Di Izinkan	104
Tabel 4.7 : Nilai Cu Rata - Rata	106
Tabel 4.8 : Reaksi Subgrade Menurut Terzagi (1955)	106
Tabel 4.9 : Nilai Cu Rata - Rata	112
Tabel 4.10 : Reaksi Subgrade Menurut Terzagi (1955)	112
Tabel 4.11 : Joint Reaction Pada PC.21	119
Tabel 4.12 : Beban Timbunan Pada PC.21	120
Tabel 4.13 : Beban Tiang Group Pada Struktur Shearwall	120
Tabel 4.14 : Beban Tiang Tunggal Pada Struktur Shearwall	120
Tabel 4.15 : Hasil Analisa CAPWAB	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Macam-macam tipe pondasi	11
Gambar 2.2 : Gambar pondasi tiang pancang	14
Gambar 2.3 : Reinforced concrete pile, penampangnya dapat berupa lingkaran, segi empat dan segi delapan	19
Gambar 2.4 : Alat geser langsung	32
Gambar 2.5 : Skema alat uji triaxial	33
Gambar 2.6 : Tahanan ujung dan tahanan gesek pada tiang pancang	34
Gambar 2.7 : Kontruksi grup tiang	41
Gambar 2.8 : Tipe keruntuhan dalam kelompok tiang	43
Gambar 2.9 : Tahanan lateral ultimit pada tanah granular untuk tiang panjang	51
Gambar 2.10: Faktor reduksi	52
Gambar 3.1 : Denah Lokasi	55
Gambar 3.2 : Detail Pondasi Tiang Pancang	56
Gambar 3.3 : Bagan Alir Penelitian	59
Gambar 3.4 : Detail Lokasi PDA Test	60
Gambar 3.5 : Detail PC 21 Shearwall	61
Gambar 3.6 : Detail Potongan PC 21 Shearwall	61
Gambar 4.1 : Potongan Gambar I	98
Gambar 4.2 : Potongan Gambar II	100
Gambar 4.3 : Grafik Broms	108
Gambar 4.4 : Gambar Potongan PC 21	110
Gambar 4.5 : Nilai Reduce Faktor Pada Spacing/diameter 3.24.D	110
Gambar 4.6 : Nilai Reduce Factor Pada Spacing/diameter 3.156.D	111
Gambar 4.7 : Grafik Lateral Broms	115
Gambar 4.8 : Potongan Pile Cap 21	116
Gambar 4.9 : Nilai Reduce Faktor Pada Spacing/diameter 3.24.D	116
Gambar 4.10: Nilai Reduce Factor Pada Spacing/diameter 3.156.D	117
Gambar 4.11: Menentukan Tipe Tiang Yang Digunakan Pada All Pile	121
Gambar 4.12: Menentukan Pile Profil Tiang Pancang	121
Gambar 4.13: Menentukan Material Pile Profil Tiang	122
Gambar 4.14: Menentukan Material Dan Pembesian Tiang	122
Gambar 4.15: Mengisi Beban Vertikal, Horizontal Dan Momen Pada Software Geotek	123
Gambar 4.16: Menentukan Lapisan Tanah Dan Kedalaman Muka Air Tanah	123
Gambar 4.17: Grafik Vertical Load Vs Settlement	124
Gambar 4.18: Grafik Ultimate Capacity Vs Foundation Depth	125
Gambar 4.19: Hasil Summary Report Analisis All Pile	125
Gambar 4.20: Grafik Pile Deflection & Force Vs Depth	126

Gambar 4.21: Hasil Summary Report Analisis All Pile	127
Gambar 4.22: Mengisi Beban Vertikal, Horizontal Dan Momen Pada Software Geotek	128
Gambar 4.23: Grafik Vertical Load Vs Settlement	129
Gambar 4.24: Grafik Ultimate Capacity Vs Foundation Depth	130
Gambar 4.25: Hasil Summary Report Analisis All Pile	130
Gambar 4.26: Grafik Pile Deflection & Force Vs Depth	131
Gambar 4.27: Hasil Summary Report Analisis All Pile	132

DAFTAR NOTASI

A_p	= Luas penampang tiang
B_g	= Lebar kelompok tiang
C_u	= Undrained shear strength (kohesi tanah)
C_p	= Koefisien empiris
d	= Diameter tiang
D	= Diameter atau sisi kelompok tiang
E_g	= Efisiensi kelompok tiang
E_p	= Modulus Elastis Tiang
E_s	= Modulus Elastis tanah
e	= Jarak dari titik beban horizontal ke permukaan tanah
f	= Jarak kedalaman tiang dimana gaya geser sama dengan nol
H_u	= Daya dukung lateral tiang
I_{ws}	= Faktor pengaruh
I_p	= Momen Inersia tiang
K	= Koefisien tanah untuk metode L.Decourt
K_0	= Koefisien tekanan tanah
K_p	= Koefisien tekanan tanah pasif
L_i	= Panjang lapisan tanah
m	= Jumlah baris tiang
M_y	= Momen maksimum yang dapat ditahan
N_{spt}	= Nilai N_{spt} pada elevasi dasar tiang
N_p	= Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang
N_c^*, N_q^*	= Faktor daya dukung tanah, untuk pondasi dalam
n	= Jumlah tiang dalam kelompok
n_h	= Koefisien reaksi subgrade
P	= Keliling tiang
Q_u	= Daya dukung ultimate
Q_p	= Daya dukung ujung tiang
Q_s	= Daya dukung selimut tiang
Q_a	= Beban maksimum tiang tunggal
Q_g	= Beban maksimum kelompok tiang
s	= Jarak pusat ke pusat tiang
S	= Penurunan total pondasi tiang
S_s	= Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal
S_p	= Penurunan akibat beban pada ujung tiang
S_{ps}	= Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang
S_g	= Penurunan kelompok tiang
σ'	= Tegangan efektif vertical
σ	= Tegangan total

θ	= \tan^{-1} dalam derajat
U	= Tekanan air pori
α	= Faktor adhesi
γ_w	= Berat jenis air, 9.81
γ	= Berat jenis tanah
μ_s	= Angka poisson
z	= Tebal lapisan tanah

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu upaya untuk mendukung perkembangan di kota medan yaitu dengan adanya pembangunan fasilitas-fasilitas pendukung lainnya terkhusus fasilitas perumahan seperti pembangunan Rumah Susun Unimed Medan yaitu tersedianya layanan perumahan yang layak yang lebih efisien bagi masyarakat kota medan, yang terletak di jalan William Iskandar, Medan.

Suatu bangunan tinggi sangatlah rentan terhadap gaya lateral. Gaya lateral yang terjadi pada bangunan, salah satunya adalah beban yang ditimbulkan akibat gempa. Beban gempa dihitung menggunakan perhitungan gempa statis atau dinamis. Salah satu struktur yang digunakan untuk menahan gaya lateral akibat gempa adalah struktur shear wall. Dengan adanya shear wall akan mempengaruhi kekakuan bangunan, sehingga gaya lateral tidak sepenuhnya dipikul oleh struktur rangka.

Shear wall adalah struktur berupa dinding vertikal yang berfungsi menahan pengaruh-pengaruh gaya lateral dan gaya gravitasi serta memberikan stabilitas lateral kepada bangunan. Karena kekakuan shear wall lebih besar di banding elemen-elemen struktur lainnya maka otomatis beban-beban lateral dan gravitasi yang terjadi akan lebih banyak diserap oleh shear wall sehingga dimensi daripada elemen-elemen struktur lain dapat diperkecil. Untuk mendukung fungsi shear wall tersebut maka dibutuhkan perencanaan pondasi yang baik. Pondasi sendiri memiliki peran yang sangat penting pada suatu gedung, fungsi utama pondasi ialah menyalurkan beban vertical struktur yang bekerja di atasnya untuk disalurkan ke tanah dasar, selain menahan beban vertical pondasi juga menyalurkan beban horizontal dari tekanan tanah samping dan beban-beban yang bekerja secara horizontal.

Pondasi yang digunakan pada struktur shear wall pembangunan rumah susun unimed medan adalah jenis pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang adalah batang yang relative panjang dan langsing yang digunakan untuk menyalurkan

beban pondasi melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah ke lapisan tanah keras yang mempunyai daya dukung cukup tinggi dan relative cukup dalam dibanding pondasi dangkal. Dalam tugas akhir ini penulis mencoba menganalisis daya dukung aksial tiang pancang pada pembangunan rumah susun unimed medan yang diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang pancang dan tanah di sekelilingnya.

Setelah kapasitas daya dukung aksial tiang pancang secara tunggal dan kelompok dihitung dengan metode analitik menggunakan persamaan Meyerhof 1956, Luchino Decourt dan Janbu, maka berikutnya ialah memulai analisis daya dukung tiang pancang menggunakan aplikasi Allpile yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tiang pancang tunggal dan kelompok serta penurunannya (*settlement*).

Sebagai acuan dalam pemodelan pondasi agar mendapat daya dukung yang sesuai maka perlu dibandingkan antara hasil perhitungan daya dukung tiang pancang metode analitik dengan hasil analisis menggunakan software terhadap hasil uji PDA (*Pile Driving Analyze*) untuk mendapat nilai daya dukung tiang pancang yang sesuai dan lebih mendekati dengan daya dukung di lapangan. Semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman dan ekonomis, serta mengetahui metode analisis mana yang lebih efektif digunakan dan mendekati hasil uji daya dukung real di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Pada kedalaman berapa tanah disekitar gedung rumah susun unimed mampu menahan beban yang direncanakan.
2. Bagaimana daya dukung Aksial dan horizontal tiang pancang pada struktur shear wall rumah susun unimed medan dengan analisis menggunakan metode analitik berdasarkan data SPT dan parameter tanah hasil LAB.

3. Berapa besar penurunan yang terjadi pada pondasi gedung rumah susun unimed medan.
4. Bagaimana daya dukung group tiang pancang pada struktur shear wall dengan analisis menggunakan software geotek.
5. Membandingkan daya dukung dan penurunan tiang pancang dari hasil penelitian menggunakan beberapa metode.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan Studi dalam penelitian ini untuk menghindari melebarnya permasalahan, untuk itu penulis hanya mengacu pada data parameter tanah yang ada pada proyek Pembangunan Rumah Susun Unimed Medan. Adapun batasan masalah pada perencanaan ini adalah:

1. Pengambilan data tanah pada penelitian ini dilakukan di proyek pembangunan gedung Rumah Susun Unimed Medan.
2. Perhitungan didasarkan atas data SPT dan parameter tanah hasil LAB yang ada.
3. Perhitungan daya dukung tiang pancang hanya dilakukan pada pondasi shear wall.
4. Perhitungan daya dukung dan penurunan (*settlement*) pada tiang dilakukan menggunakan metode analitik dan menggunakan software serta hasil uji PDA dilapangan sebagai pembanding.
5. Tidak membahas pembebanan pada struktur atas, data pembebanan didapat dari hasil analisa SAP 2000 dan kordinasi dengan pelaksana PT. Razasa karya.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari Kondisi di atas maka tujuan yang akan dicapai adalah:

1. Untuk mengetahui daya dukung ultimate pondasi tiang pancang dari hasil SPT dan parameter kuat geser tanah berdasarkan metode analitik.
2. Membandingkan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan hasil dari *Pile Driving Analyzer* (PDA).
3. Untuk mengetahui penurunan (*settlement*) pada tiang pancang dengan metode analitik dan perhitungan menggunakan software.

4. Menghitung kapasitas kelompok izin tiang menggunakan software geotek.
5. Untuk mengetahui berbagai metode perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan data laboratorium dan SPT.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini diharapkan berguna untuk:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan pada pembangunan pondasi tiang pancang kedepannya.
2. Mengetahui perbedaan metode analisis kapasitas daya dukung tiang dari data *standard penetration test* (SPT) dan *Pile Driving Analyze Test* (PDA).

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan dalam studi ini, penulisan tugas akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) sub bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Merupakan bingkai studi atau rancangan yang akan dilakukan meliputi latar belakang, perumusan masalah penelitian, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan kajian sebagai literature serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini. Dalam hal ini diuraikan hal-hal mengenai jenis-jenis pondasi tiang pancang dan beberapa metode perhitungan daya dukung pondasi dalam, serta beberapa parameter soil investigation.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode-metode yang dipakai dalam penelitian ini, termasuk pengambilan data, langkah penelitian, analisa data, serta pemilihan wilayah penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan pembahasan mengenai data-data yang dikumpulkan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya, dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada sub bab sebelumnya, dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah bagian dasar dari suatu bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan tersebut ke tanah dasar dimana bangunan itu berdiri (Terzaghi dkk, 1987). Pondasi (*Foundation*) disebut juga pondamen (*Fundament*) dan disebut juga struktur bangunan bagian bawah (*Sub Structure*).

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu system rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles,1977).

Dalam merencanakan suatu pondasi sangatlah dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain:

- a. Beban bangunan yang didukung.
- b. Jenis tanah dan daya dukungnya.
- c. Bahan penyusun pondasi.
- d. Alat dan tenaga kerja pembuat.
- e. Lokasi dan situasi pondasi yang dibuat.
- f. Biaya pembuatan pondasi.

Dalam merencanakan pondasi sebaiknya berdasarkan hasil investigasi penyelidikan tanah (*Soil Investigation*), yaitu suatu usaha penyelidikan tanah untuk mengetahui karakteristik tanah pada setiap lapisan, serta jenis dan kekuatan tanah tersebut. Dari hasil penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) dapat diketahui beberapa parameter tanah, antara lain:

- a. Jenis dan kekuatan tanah serta kedalamannya.
- b. Kedalaman dan muka air tanah.
- c. Perkiraan penurunan (*Settlement*) di kemudian hari.
- d. Perkiraan beban maksimum yang diijinkan.
- e. Dari data yang di dapat diharapkan dapat menentukan jenis pondasi yang akan digunakan.

Banyak cara dalam menentukan pemilihan pondasi yang akan digunakan antara lain beban yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor non-teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi. Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D < B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (*steel*), dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, dibor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan pile cap (*poer*). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda.. Pada tanah tiang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

Daya dukung tiang pancang diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang pancang dan tanah disekelilingnya. Tiang pancang berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung bored pile yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis.

Metode pengambilan data bawah permukaan yang dilakukan adalah pengeboran inti (*coring*) dan untuk *Undisturbed Sample* (UDS) diambil setiap kedalaman 2 m. UDS kemudian dipersiapkan untuk SPT. Hasil perhitungan data primer dibandingkan dengan data sekunder sebagai acuan berupa nilai kapasitas

daya dukung tanah pondasi gedung berdasarkan nilai N-SPT. Selanjutnya disusun peta geologi dan geoteknik berdasarkan data lapangan dan uji laboratorium, sehingga diperoleh juga rekomendasi desain pondasi yang efektif untuk menahan beban maksimal pada setiap bored pile.

2.1.1. Klasifikasi Pondasi

Pondasi ialah bagian dari satu system rekayasa yang meneruskan beban yang di topang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Tegangan-tegangan tanah yang dihasilkan kecuali pada permukaan tanah merupakan tambahan kepada beban-beban yang sudah ada dalam masa tanah dari bobot sendiri bahan dan sejarah geologisnya.

Struktur atas merupakan istilah yang biasa dipakai untuk menjelaskan bagian-bagian dari system rekayasa yang membawa beban kepada pondasi atau struktur dibawahnya. Istilah struktur atas mempunyai arti khusus untuk bangunan-bangunan dan jembatan-jembatan, akan tetapi, pondasi tersebut dapat juga hanya menopang mesin-mesin, mendukung peralatan industrial (pipa, menara, tangki), bertindak sebagai alas atau papan iklan dan sejenisnya. Karena sebab inilah maka lebih baik menggambarkan pondasi sebagai bagian dari satu system rekayasa pendukung beban yang mempunyai bidang antara (*interfacing*) terhadap tanah (Bowles, 1997: 1).

Pada umumnya pondasi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal biasanya dibuat dekat dengan permukaan tanah, umumnya kedalam pondasi didirikan kurang 1/3 dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3 m. Pondasi dangkal biasanya digunakan ketika tanah permukaan yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan tidak terlalu tinggi, pondasi dangkal umumnya tidak cocok dalam tanah kompresif yang lemah atau sangat buruk, seperti tanah urug dengan kepadatan yang buruk, pondasi dangkal juga tidak cocok untuk jenis tanah gambut, lapisan tanah muda dan jenis tanah deposito alluvial,dll. Pondasi dangkal juga digunakan bila bangunan yang berada

di atasnya tidak terlalu besar. Pondasi ini juga bias dipakai untuk bangunan umum lainnya yang berada diatas tanah yang keras.

Persyaratan untuk pondasi dangkal yaitu :

1. Perbandingan antara kedalaman dan lebar pondasi ≤ 1
2. Daerah penyebaran struktur pondasi pada tanah dibawahnya (lapisan penyangga/ bearingstratum) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.

Secara fisik umumnya pondasi dangkal berupa pondasi tapak dengan bentuk empat persegi panjang, bujur sangkar, atau lingkaran (setempat dan menerus). Menurut Ir. Rudy Gunawan: 1983, untuk pondasi bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat biasa (*ordinary low rise buildings*), karena berat bangunan relatif tidak besar, maka biasanya cukup digunakan pondasi dangkal yang disebut pondasi langsung (*spread*) menjadi desakan yang lebih kecil daripada daya dukung tanah yang diizinkan.

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

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

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

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

1. Pondasi menerus (*continuous footing*)
2. Pondasi telapak (*individual footing*)
3. Pondasi kaki gabungan (*combined footing*)
4. Pondasi plat (*mat footing/ raft footing*) (Ir. Rudy Gunawan,1983;Hal 10-11).

b. Pondasi Dalam (*Deep Fondation*)

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan pada permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban

struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang, dan caissons atau pondasi kompensasi. Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalaman yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok didekat permukaan tanah dapat dihindari. Apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah yang keras yang dalam, maka dibuat pondasi tiang pancang yang dimasukkan kedalam sehingga mencapai tanah keras ($D_f/B > 10$ m), tiang–tiang tersebut disatukan oleh pile cap. Pondasi ini juga dipakai pada bangunan dengan bentangan yang cukup lebar (jarak antara kolom 6m) dan bangunan bertingkat. Yang termasuk dalam pondasi ini antara lain; pondasi tiang pancang, pondasi sumuran, pondasi bored pile, dan lain-lain.

Persyaratan stabilitas dan deformasi seperti :

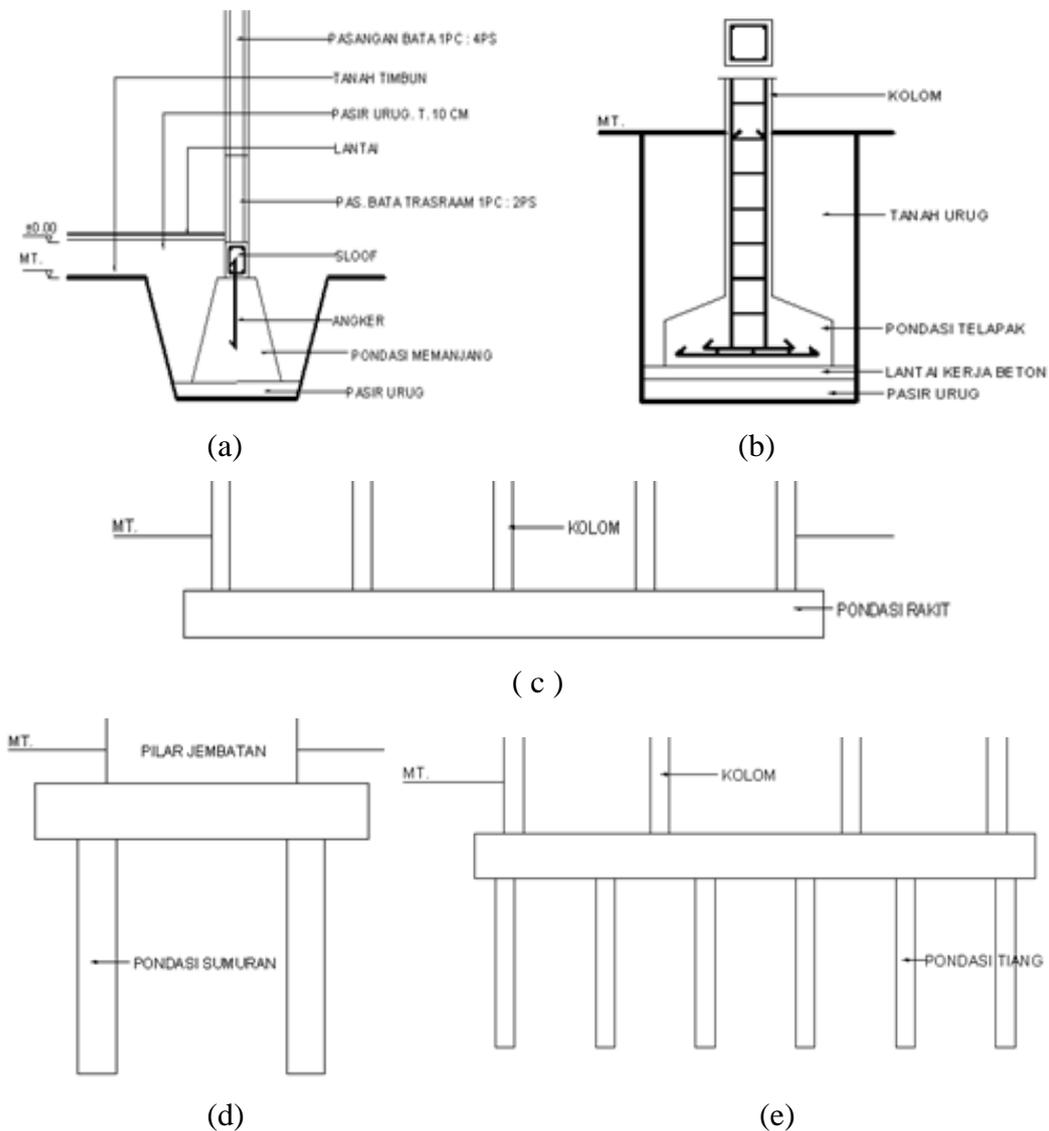
1. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dan bawah pondasi, khusus untuk pondasi tapak dan rakit.
2. Kedalaman harus berada dibawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan, dan pertumbuhan tanaman.
3. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat didalam tanah.
5. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolelir oleh elemen pondasi dan elemen bangunan atas.

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

1. Pondasi sumuran (*pier foundation*) yaitu pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang (Gambar 2.1d), digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi

sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B) lebih besar 4 sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

2. Pondasi tiang (*piled foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam (Gambar 2.1e). Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran (Bowles, 1991).



Gambar 2.1: Macam-macam tipe pondasi : (a) Pondasi memanjang, (b) Pondasi telapak, (c) Pondasi rakit, (d) Pondasi sumuran, (e) Pondasi tiang (Hardiyatmo, 1996).

2.1.2. Penggolongan Pondasi Tiang

Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori sebagai berikut:

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

Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar. Termasuk dalam tiang perpindahan besar adalah tiang kayu, tiang beton pejal, tiang beton prategang (pejal atau berlubang), tiang baja bulat (tertutup pada ujungnya).

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

Tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*), adalah sama seperti tiang kategori pertama hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil, contohnya: tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang beton prategang berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja H, tiang baja bulat ujung terbuka, tiang ulir.

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

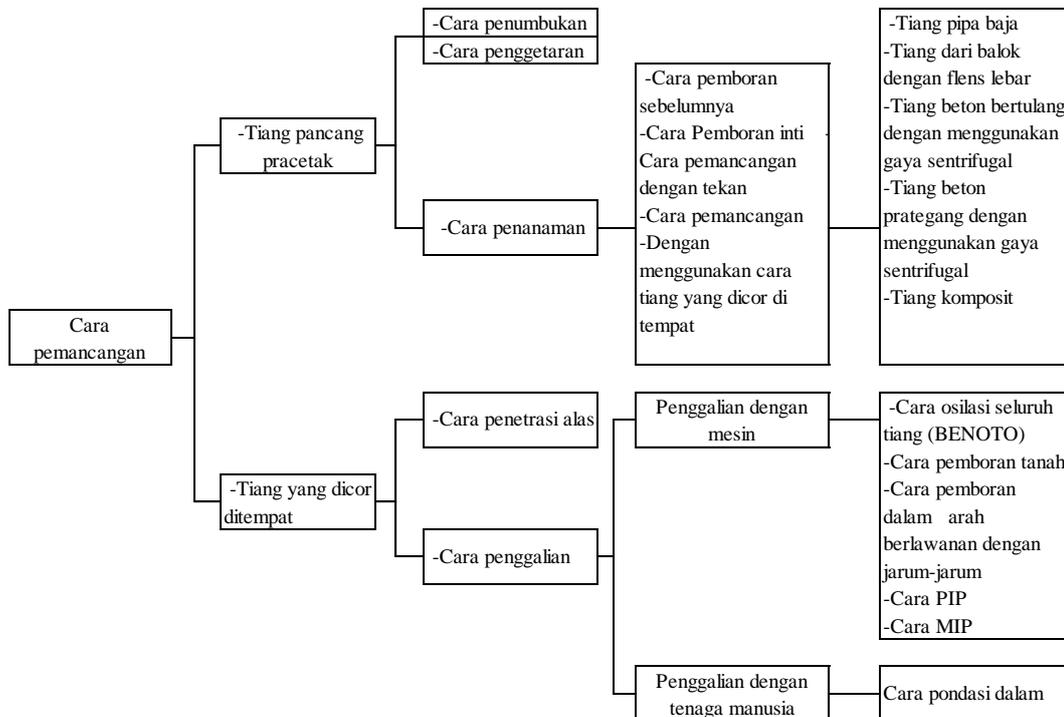
Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*), terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang tanpa perpindahan adalah bore pile, yaitu tiang beton yang pengecorannya langsung di dalam lubang hasil pengeboran tanah (pipa baja diletakkan di dalam lubang dan dicor beton) (Hardiyatmo, 2002).

Pondasi tiang dapat digolongkan berdasarkan kualitas material dan cara pembuatannya dan cara pemasangannya, seperti diperlihatkan pada tabel 2.1 dan tabel 2.2:

Tabel 2.1: Macam-macam tipe pondasi berdasarkan kualitas material dan cara pembuatan (Nakazawa, 1983).

Kualitas bahan	Nama tiang		Cara pembuatan	Bentuk
Tiang baja	Pipa tiang baja		Disambung secara electris, diarah datar, mengeliling	Lingkar
	Tiang dengan flens lebar (Penampang H)		Diasah dalam keadaan panas, dilas	H
Tiang beton	Tiang beton pracetak	Tiang beton bertulang pracetak	.Diaduk dengan gaya sentrifugal .Diaduk dengan penggetar	Lingkar, segitiga dan lain-lain
		Tiang beton prategang pracetak	.Sistem penarik awal .Sistem penarik akhir	Lingkar
	Tiang yang dicor di tempat	Tiang alas	Sistem pemancangan	Lingkar
		Tiang beton reymond .Dengan menggoyangkan semua tabung pelindung .Dengan membor tanah .Dengan pemutar berlawanan arah .Dengan pondasi dalam	Sistem pemboran	

Tabel 2.2: Macam-macam tipe pondasi berdasarkan teknik pemasangannya (Nakazawa, 1983).



2.1.3. Pondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)



Gambar 2.2: Gambar pondasi tiang pancang.

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (*steel*), dan beton. Tiang pancang yang terbuat dari bahan ini adalah dipukul, dibor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan pile cap (*poer*). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda.

Pembuatan pondasi tiang pancang bertujuan untuk:

1. Untuk menyalurkan beban pondasi ke tanah keras
2. Untuk menahan beban vertikal, lateral, dan beban uplift.

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan beban yang bekerja padanya (Sardjono, 1988). Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman > 8 m (Bowles, 1991). Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk

memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

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

Pondasi tiang digolongkan berdasarkan kualitas bahan material dan cara pelaksanaan. Menurut kualitas bahan material yang digunakan, tiang pancang dibedakan menjadi empat yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, dan tiang pancang composite (kayu – beton dan baja – beton).

Tiang pancang umumnya digunakan :

1. Untuk mengangkat beban-beban konstruksi diatas tanah kedalam atau melalui sebuah stratum/lapisan tanah. Didalam hal ini beban vertikal dan beban lateral boleh jadi terlibat.
2. Untuk menentang gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah dibawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.
3. Memampatkan endapan-endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Mengontrol lendutan/penurunan bila kaki-kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
5. Membuat tanah dibawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem tersebut.
6. Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tumpuan jembatan dan atau pir, khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
7. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melalui air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang

terpengaruh oleh baik beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral (Bowles, 1991).

Kriteria pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi bangunan sangat tergantung pada kondisi:

1. Tanah dasar dibawah bangunan tidak mempunyai daya dukung (misal pembangunan lepas pantai)
2. Tanah dasar dibawah bangunan tidak mampu memikul bangunan yang ada diatasnya atau tanah keras yang mampu memikul beban tersebut jauh dari permukaan tanah.
3. Pembangunan diatas tanah yang tidak rata.
4. Memenuhi kebutuhan untuk menahan gaya desak keatas (*uplift*).

2.1.4. Penggolongan Pondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang pancang dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara tiang meneruskan beban dan cara pemasangannya, berikut ini akan dijelaskan satu persatu.

a. Pondasi tiang pancang menurut pemakaian bahan dan karakteristik strukturnya.

Tiang pancang dapat dibagi kedalam beberapa kategori (Bowles, 1991) antara lain:

1. Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang dengan bahan material kayu dapat digunakan sebagai tiang pancang pada suatu dermaga. Tiang pancang kayu dibuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipotong dengan hati-hati, biasanya diberi bahan pengawet dan didorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Kadang-kadang ujungnya yang besar didorong untuk maksud-maksud khusus, seperti dalam tanah yang sangat lembek dimana tanah tersebut akan bergerak kembali melawan poros. Kadang kala ujungnya runcing dilengkapi dengan sebuah sepatu pemancangan yang terbuat dari logam bila tiang pancang harus menembus tanah keras atau tanah kerikil.

Pemakaian tiang pancang kayu ini adalah cara tertua dalam penggunaan tiang pancang sebagai pondasi. Tiang kayu akan tahan lama dan tidak mudah busuk

apabila tiang kayu tersebut dalam keadaan selalu terendam penuh di bawah muka air tanah. Tiang pancang dari kayu akan lebih cepat rusak atau busuk apabila dalam keadaan kering dan basah yang selalu berganti-ganti. Sedangkan pengawetan serta pemakaian obat-obatan pengawet untuk kayu hanya akan menunda atau memperlambat kerusakan daripada kayu, akan tetapi tetap tidak akan dapat melindungi untuk seterusnya. Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah-daerah dimana sangat banyak terdapat hutan kayu seperti daerah Kalimantan, sehingga mudah memperoleh balok/tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk digunakan sebagai tiang pancang.

Persyaratan dari tiang pancang tongkat kayu tersebut adalah: bahan kayu yang dipergunakan harus cukup tua, berkualitas baik dan tidak cacat, contohnya kayu berlian. Semula tiang pancang kayu harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipancang untuk memastikan bahwa tiang pancang kayu tersebut memenuhi ketentuan dari bahan dan toleransi yang diijinkan. Semua kayu lunak yang digunakan untuk tiang pancang memerlukan pengawetan, yang harus dilaksanakan sesuai dengan AASHTO M133-86 dengan menggunakan instalasi peresapan bertekanan.

Bilamana instalasi semacam ini tidak tersedia, pengawetan dengan tangki terbuka secara panas dan dingin, harus digunakan. Beberapa kayu keras dapat digunakan tanpa pengawetan, tetapi pada umumnya, kebutuhan untuk mengawetkan kayu keras tergantung pada jenis kayu dan beratnya kondisi pelayanan.

Keuntungan pemakaian tiang pancang kayu

- Tiang pancang dari kayu relatif lebih ringan sehingga mudah dalam pengangkutan.
- Kekuatan tarik besar sehingga pada waktu pengangkatan untuk pemancangan tidak menimbulkan kesulitan seperti misalnya pada tiang pancang beton precast.
- Mudah untuk pemotongannya apabila tiang kayu ini sudah tidak dapat masuk lagi ke dalam tanah.
- Tiang pancang kayu ini lebih baik untuk friction pile dari pada untuk end bearing pile sebab tegangan tekanannya relatif kecil.

- Karena tiang kayu ini relatif flexible terhadap arah horizontal dibandingkan dengan tiang-tiang pancang selain dari kayu, maka apabila tiang ini menerima beban horizontal yang tidak tetap, tiang pancang kayu ini akan melentur dan segera kembali ke posisi setelah beban horizontal tersebut hilang.

Kerugian pemakaian tiang pancang kayu:

- Karena tiang pancang ini harus selalu terletak di bawah muka air tanah yang terendah agar dapat tahan lama, maka kalau air tanah yang terendah itu letaknya sangat dalam, hal ini akan menambah biaya untuk penggalian.
- Tiang pancang yang di buat dari kayu mempunyai umur yang relatif kecil di bandingkan dengan tiang pancang yang di buat dari baja atau beton terutama pada daerah yang muka air tanahnya sering naik dan turun.
- Pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatu (*gravel*) ujung tiang pancang kayu dapat berbentuk berupa sapu atau dapat pula ujung tiang tersebut hancur. Apabila tiang kayu tersebut kurang lurus, maka pada waktu dipancangan akan menyebabkan penyimpangan terhadap arah yang telah ditentukan.
- Tiang pancang kayu tidak tahan terhadap benda-benda yang agresif dan jamur yang menyebabkan kebusukan.

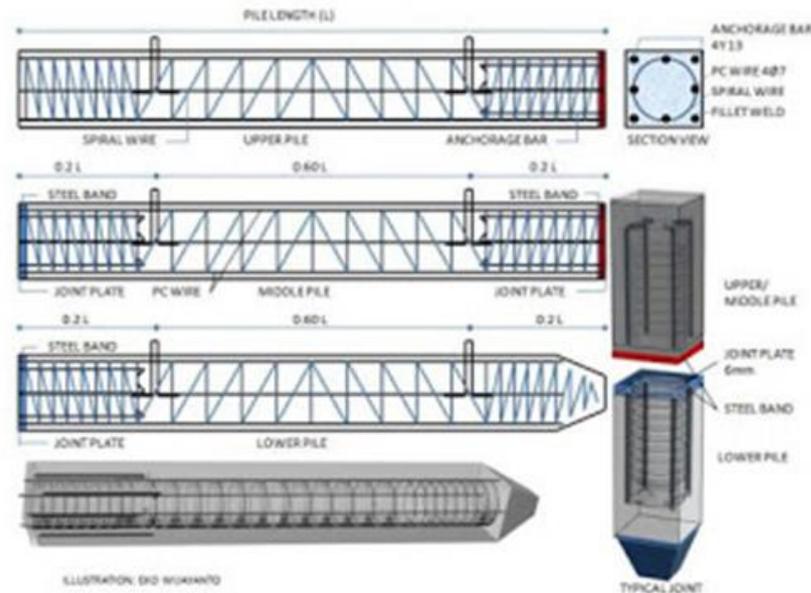
2. Tiang Pancang Beton

a. Precast Reinforced Concrete Pile

Precast reinforced concrete pile adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (*bekisting*), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangan. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah dierikan penulangan-penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. Karena berat sendiri adalah besar, biasanya pancang beton ini dicetak dan dicor di tempat pekerjaan, jadi tidak membawa kesulitan untuk transport.

Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar (>50 ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Dalam perencanaan tiang pancang beton precast ini panjang dari pada tiang harus dihitung dengan teliti, sebab kalau ternyata panjang dari pada tiang ini kurang terpaksa harus dilakukan

penyambungan, hal ini adalah sulit dan banyak memakan waktu. Berikut merupakan gambar precast reinforced concrete pile seperti pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3: Reinforced Concrete Pile penampangnya dapat berupa lingkaran, segi empat, segi delapan.

Keuntungan pemakaian Precast Concrete Reinforced Pile:

- Precast Concrete Reinforced Pile ini mempunyai tegangan tekan yang besar, hal ini tergantung dari mutu beton yang di gunakan.
- Tiang pancang ini dapat di hitung baik sebagai end bearing pile maupun friction pile.
- Karena tiang pancang beton ini tidak berpengaruh oleh tinggi muka air tanah seperti tiang pancang kayu, maka disini tidak memerlukan galian tanah yang banyak untuk poernya.
- Tiang pancang beton dapat tahan lama sekali, serta tahan terhadap pengaruh air maupun bahan-bahan yang corrosive asal beton dekingnya cukup tebal untuk melindungi tulangnya.

Kerugian pemakaian Precast Concrete Reinforced Pile

- Karena berat sendirinya maka transportnya akan mahal, oleh karena itu Precast reinforced concrete pile ini di buat di lokasi pekerjaan.

- Tiang pancang ini di pancangkan setelah cukup keras, hal ini berarti memerlukan waktu yang lama untuk menunggu sampai tiang beton ini dapat dipergunakan.
- Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.
- Bila panjang tiang pancang kurang, karena panjang dari tiang pancang ini tergantung dari pada alat pancang (*pile driving*) yang tersedia maka untuk melakukan panyambungan adalah sukar dan memerlukan alat penyambung khusus.

b. Precast Prestressed Concrete Pile

Precast Prestressed Concrete Pile adalah tiang pancang dari beton prategang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya.

Keuntungan pemakaian Precast prestressed concrete pile:

- Kapasitas beban pondasi yang dipikulnya tinggi.
- Tiang pancang tahan terhadap karat.
- Kemungkinan terjadinya pemancangan keras dapat terjadi.

Kerugian pemakaian Precast prestressed concrete pile:

- Pondasi tiang pancang sukar untuk ditangani.
- Biaya permulaan dari pembuatannya tinggi.
- Pergeseran cukup banyak sehingga prategang sukar untuk disambung.

c. Cast in Place Pile

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan jalan dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah. Pada Cast in Place ini dapat dilaksanakan dua cara:

- a. Dengan pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa tersebut ditarik keatas.
- b. Dengan pipa baja yang di pancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton, sedangkan pipa tersebut tetap tinggal di dalam tanah.

Keuntungan pemakaian Cast in Place

- Pembuatan tiang tidak menghambat pekerjaan.
- Tiang ini tidak perlu diangkat, jadi tidak ada resiko rusak dalam transport.

- Panjang tiang dapat disesuaikan dengan keadaan dilapangan.

Kerugian pemakaian Cast in Place

- Pada saat penggalian lubang, membuat keadaan sekelilingnya menjadi kotor akibat tanah yang diangkut dari hasil pengeboran tanah tersebut.
- Pelaksanaannya memerlukan peralatan yang khusus.
- Beton yang dikerjakan secara Cast in Place tidak dapat dikontrol.

3. Tiang Pancang Baja.

Pada umumnya, tiang pancang baja struktur harus berupa profil baja gilasa biasa, tetapi tiang pancang pipa dan kotak dapat digunakan. Kebanyakan tiang pancang baja ini berbentuk profil H. Karena terbuat dari baja maka kekuatan dari tiang ini sendiri sangat besar sehingga dalam pengangkutan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah seperti halnya pada tiang beton precast. Jadi pemakaian tiang pancang baja ini akan sangat bermanfaat apabila kita memerlukan tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar.

Tingkat karat pada tiang pancang baja sangat berbeda-beda terhadap texture tanah, panjang tiang yang berada dalam tanah dan keadaan kelembaban tanah.

- Pada tanah yang memiliki texture tanah yang kasar/kesap, maka karat yang terjadi karena adanya sirkulasi air dalam tanah tersebut hampir mendekati keadaan karat yang terjadi pada udara terbuka.
- Pada tanah liat (*clay*) yang mana kurang mengandung oxygen maka akan menghasilkan tingkat karat yang mendekati keadaan karat yang terjadi karena terendam air.
- Pada lapisan pasir yang dalam letaknya dan terletak dibawah lapisan tanah yang padat akan sedikit sekali mengandung oxygen maka lapisan pasir tersebut juga akan akan menghasilkan karat yang kecil sekali pada tiang pancang baja.

Pada umumnya tiang pancang baja akan berkarat di bagian atas yang dekat dengan permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena Aerated-Condition (keadaan udara pada pori-pori tanah) pada lapisan tanah tersebut dan adanya bahan-bahan organis dari air tanah. Hal ini dapat ditanggulangi dengan memoles tiang baja tersebut dengan (*coaltar*) atau dengan sarung beton sekurang-kurangnya 20" (\pm 60 cm) dari muka air tanah terendah.

Keuntungan pemakaian Tiang Pancang Baja:

- Tiang pancang ini mudah dalam dalam hal penyambungannya.
- Tiang pancang ini memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi.
- Dalam hal pengangkatan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah.

Kerugian pemakaian Tiang Pancang Baja:

- Tiang pancang ini mudah mengalami korosi.
- Bagian H pile dapat rusak atau di bengkokan oleh rintangan besar.

4. Tiang Pancang Komposit.

Tiang pancang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Kadang-kadang pondasi tiang dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bagian bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan bahan beton di atas muka air tanah dan bahan kayu tanpa perlakuan apapun disebelah bawahnya.

b.Pondasi tiang pancang menurut cara pemasangannya dibagi dua bagian besar, yaitu:

1.Tiang pancang pracetak

Tiang pancang pracetak adalah tiang pancang yang dicetak dan dicor didalam acuan beton (*bekisting*), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. Tiang pancang pracetak ini menurut cara pemasangannya terdiri dari :

a. Cara penumbukan

Dimana tiang pancang tersebut dipancangkan kedalam tanah dengan cara penumbukan oleh alat penumbuk (*hammer*).

b. Cara penggetaran

Dimana tiang pancang tersebut dipancangkan kedalam tanah dengan cara penggetaran oleh alat penggetar (*vibrator*).

c. Cara penanaman

Dimana permukaan tanah dilubangi terlebih dahulu sampai kedalaman tertentu, lalu tiang pancang dimasukkan, kemudian lubang tadi ditimbun lagi dengan tanah.

Cara penanaman ini ada beberapa metode yang digunakan :

- a. Cara pengeboran sebelumnya, yaitu dengan cara mengebor tanah sebelumnya lalu tiang dimasukkan kedalamnya dan ditimbun kembali.
- b. Cara pengeboran inti, yaitu tiang ditanamkan dengan mengeluarkan tanah dari bagian dalam tiang.
- c. Cara pemasangan dengan tekanan, yaitu tiang dipancangkan kedalam tanah dengan memberikan tekanan pada tiang.
- d. Cara pemancangan, yaitu tanah pondasi diganggu dengan semburan air yang keluar dari ujung serta keliling tiang, sehingga tidak dapat dipancangkan kedalam tanah.

2. Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*)

Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*) ini menurut teknik penggaliannya terdiri dari beberapa macam cara yaitu :

a. Cara penetrasi alas

Cara penetrasi alas yaitu pipa baja yang dipancangkan kedalam tanah kemudian pipa baja tersebut dicor dengan beton.

b. Cara penggalian

Cara ini dapat dibagi lagi urut peralatan pendukung yang digunakan antara lain :

- Penggalian dengan tenaga manusia

Penggalian lubang pondasi tiang pancang dengan tenaga manusia adalah penggalian lubang pondasi yang masih sangat sederhana dan merupakan cara konvensional. Hal ini dapat dilihat dengan cara pembuatan pondasi dalam, yang pada umumnya hanya mampu dilakukan pada kedalaman tertentu.

- Penggalian dengan tenaga mesin

Penggalian lubang pondasi tiang pancang dengan tenaga mesin adalah penggalian lubang pondasi dengan bantuan tenaga mesin, yang memiliki kemampuan lebih baik dan lebih canggih.

2.1.5. Alat Pancang Tiang

Dalam pemasangan tiang kedalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Pada gambar tersebut diperlihatkan pula alat-alat

perlengkapan pada kepala tiang dalam pemancangan. Penutup (*pile cap*) biasanya diletakkan menutup kepala tiang yang kadang-kadang dibentuk dalam geometri tertutup.

1. Pemukul Jatuh (*drop hammer*)

Pemukul jatuh terdiri dari blok pemberat yang dijatuhkan dari atas. Pemberat ditarik dengan tinggi jatuh tertentu kemudian dilepas dan menumbuk tiang. Pemakaian alat tipe ini membuat pelaksanaan pemancangan berjalan lambat, sehingga alat ini hanya dipakai pada volume pekerjaan pemancangan yang kecil.

2. Pemukul Aksi Tiang (*single-acting hammer*)

Pemukul aksi tunggal berbentuk memanjang dengan ram yang bergerak naik oleh udara atau uap yang terkompresi, sedangkan gerakan turun ram disebabkan oleh beratnya sendiri. Energi pemukul aksi tunggal adalah sama dengan berat ram dikalikan tinggi jatuh.

3. Pemukul Aksi Double (*double-acting hammer*)

Pemukul aksi double menggunakan uap atau udara untuk mengangkat ram dan untuk mempercepat gerakan ke bawahnya. Kecepatan pukulan dan energi output biasanya lebih tinggi daripada pemukul aksi tunggal.

4. Pemukul Diesel (*diesel hammer*)

Pemukul diesel terdiri dari silinder, ram, balok anvil dan sistem injeksi bahan bakar. Pemukul tipe ini umumnya kecil, ringan dan digerakkan dengan menggunakan bahan bakar minyak. Energi pemancangan total yang dihasilkan adalah jumlah benturan dari ram ditambah energi hasil dari ledakan.

5. Pemukul Getar (*vibratory hammer*)

Pemukul getar merupakan unit alat pancang yang bergetar pada frekuensi tinggi.

2.1.6. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang

Aspek teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Umumnya, aplikasi teknologi ini banyak diterapkan dalam metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai.

Langkah-langkah dari pekerjaan untuk dimensi kubus/ ukuran dan tiang pancang:

1. Menghitung daya dukung yang didasarkan pada karakteristik tanah dasar yang diperoleh dari penyelidikan tanah. Dari sini, kemudian dihitung kemungkinan nilai daya dukung yang diizinkan pada berbagai kedalaman, dengan memperhatikan faktor aman terhadap keruntuhan daya dukung yang sesuai, dan penurunan yang terjadi harus tidak berlebihan.
2. Menentukan kedalaman, tipe, dan dimensi pondasinya. Hal ini dilakukan dengan jalan memilih kedalaman minimum yang memenuhi syarat keamanan terhadap daya dukung tanah yang telah dihitung. Kedalaman minimum harus diperhatikan terhadap erosi permukaan tanah, pengaruh perubahan iklim, dan perubahan kadar air. Bila tanah yang lebih besar daya dukungnya berada dekat dengan kedalaman minimum yang dibutuhkan tersebut, dipertimbangkan untuk meletakkan dasar pondasi yang sedikit lebih dalam yang daya dukung tanahnya lebih besar. Karena dengan peletakan dasar pondasi yang sedikit lebih dalam akan mengurangi dimensi pondasi, dengan demikian dapat menghemat biaya pembuatan pelat betonnya.
3. Ukuran dan kedalaman pondasi yang ditentukan dari daya dukung diizinkan dipertimbangkan terhadap penurunan toleransi. Bila ternyata hasil hitungan daya dukung ultimit yang dibagi faktor aman mengakibatkan penurunan yang berlebihan, dimensi pondasi diubah sampai besar penurunan memenuhi syarat.

Tahapan pekerjaan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut :

a. Pekerjaan Persiapan

1. Membubuhi tanda, tiap tiang pancang harus dibubuhi tanda serta tanggal saat tiang tersebut dicor. Titik-titik angkat yang tercantum pada gambar harus dibubuhi tanda dengan jelas pada tiang pancang. Untuk mempermudah perukaan, maka tiang pancang diberi tanda setiap 1 meter.
2. Pengangkatan/pemindahan, tiang pancang harus dipindahkan/diangkat dengan hati-hati sekali guna menghindari retak maupun kerusakan lain yang tidak diinginkan.

3. Rencanakan final set tiang, untuk menentukan pada kedalaman mana pemancangan tiang dapat dihentikan, berdasarkan data tanah dan data jumlah pukulan terakhir (*final set*).
4. Rencanakan urutan pemancangan, dengan pertimbangan kemudahan manuver alat. Lokasi stock material agar diletakkan dekat dengan lokasi pemancangan.
5. Tentukan titik pancang dengan theodolith dan tandai dengan patok.
6. Pemancangan dapat dihentikan sementara untuk penyambungan batang berikutnya bila level kepala tiang telah mencapai level muka tanah sedangkan level tanah keras yang diharapkan belum tercapai.

Proses penyambungan tiang :

- a) Tiang diangkat dan kepala tiang dipasang pada helmet seperti yang dilakukan pada batang pertama.
 - b) Ujung bawah tiang didudukkan diatas kepala tiang yang pertama sedemikian sehingga sisi-sisi pelat sambung kedua tiang telah berhimpit dan menempel menjadi satu.
 - c) Penyambungan sambungan las dilapisi dengan anti karat.
 - d) Tempat sambungan las dilapisi dengan anti karat.
7. Selesai penyambungan, pemancangan dapat dilanjutkan seperti yang dilakukan pada batang pertama. Penyambungan dapat diulangi sampai mencapai kedalaman tanah keras yang ditentukan.
 8. Pemancangan tiang dapat dihentikan bila ujung bawah tiang telah mencapai lapisan tanah keras/final set yang ditentukan.
 9. Pemotongan tiang pancang pada cut off level yang telah ditentukan.

b. Proses Pengangkatan

1. Pengangkatan tiang untuk disusun (dengan dua tumpuan).

Metode pengangkatan dengan dua tumpuan ini biasanya pada saat penyusunan tiang beton, baik itu dari pabrik ke trailer ataupun dari trailer ke penyusunan lapangan.

Persyaratan umum dari metode ini adalah jarak titik angkat dari kepala tiang adalah $\frac{1}{5} L$. Untuk mendapatkan jarak harus diperhatikan momen maksimum pada bentangan, harus sama dengan momen minimum pada titik angkat tiang sehingga dihasilkan momen yang sama.

Pada prinsipnya pengangkatan dengan dua tumpuan untuk tiang beton adalah dalam tanda pengangkatan dimana tiang beton pada titik angkat berupa kawat yang terdapat pada tiang beton yang telah ditentukan.

2. Pengangkatan dengan satu tumpuan.

Metode ini biasanya digunakan pada saat tiang sudah siap akan dipancang oleh mesin pemancangan sesuai titik pemancangan yang telah ditentukan di lapangan.

Adapun persyaratan utama dari metode pengangkatan satu tumpuan ini adalah jarak antara kepala tiang dengan titik anker berjarak $L/3$. Untuk mendapatkan jarak ini, haruslah diperhatikan bahwa momen maksimum pada tempat pengikatan tiang sehingga dihasilkan nilai momen yang sama.

c. Proses Pemancangan

1. Alat pancang ditempatkan sedemikian rupa sehingga as hammer jatuh pada patok titik pancang yang telah ditentukan.
2. Tiang diangkat pada titik angkat yang telah disediakan pada setiap lubang.
Tiang didirikan disamping *driving lead* dan kepala tiang dipasang pada helmet yang telah dilapisi kayu sebagai pelindung dan pegangan kepala tiang.
3. Ujung bawah tiang didudukkan secara cermat diatas patok pancang yang telah ditentukan.
4. Penyetelan vertikal tiang dilakukan dengan mengatur panjang *backstay* sambil diperiksa dengan waterpass sehingga diperoleh posisi yang betul-betul vertikal. Sebelum pemancangan dimulai, bagian bawah tiang diklem dengan *center gate* pada dasar *driving lead* agar posisi tiang tidak bergeser selama pemancangan, terutama untuk tiang batang pertama.
5. Pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara kontiniu ke atas helmet yang terpasang diatas kepala tiang.

d. Kelebihan dan Kekurangan Pondasi Tiang Pancang

Kelebihan:

1. Pemeriksaan kualitas pondasi sangat ketat sesuai standar pabrik.
2. Pemancangan lebih cepat, mudah dan praktis.
3. Pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
4. Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus tiang.

5. Sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertikal.

Kekurangan:

1. Pelaksanaannya menimbulkan getaran dan kegaduhan.
2. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar
3. Kesalahan metode pemancangan dapat menimbulkan kerusakan pada pondasi.
4. Bila panjang tiang pancang kurang, maka untuk melakukan penyambungan sulit dan memerlukan alat penyambung khusus.
5. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.

2.2. Penyelidikan Tanah Di Lapangan

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui kekuatan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan suatu pondasi bangunan, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah.

Penyelidikan tanah dilapangan adalah suatu kegiatan penyelidikan tanah yang dalam proses kegiatan penyelidikannya dilakukan langsung diatas tempat yang akan didirikan suatu bangunan. Penyelidikan tanah dilapangan biasanya untuk mengetahui daya dukung tanah secara langsung, mengetahui posisi muka air tanah dan menentukan besarnya penurunan (*settlement*),dll.

Ada beberapa jenis soil investigation yang ada dalam penyelidikan tanah dilapangan, antara lain:

2.2.1. Pemboran (*drilling*)

Pemboran dalam penyelidikan tanah sangatlah penting karena dengan melakukan pengeboran kita dapat mengetahui lapisan-lapisan tanah yang ada di bawah lokasi tempat didirikannya bangunan. Melalui pemboran ini juga dapat diketahui parameter tanah pada setiap lapisan yang selanjutnya akan diuji di laboratorium.

2.2.2. Pengambilan contoh tanah (*Soil Sampling*)

Pengambilan contoh tanah dilakukan untuk selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium. Ada dua macam contoh tanah untuk dilakukan pengujian di laboratorium:

- a. Contoh tanah yang tidak terganggu (*undisturbed sampling*,) yaitu contoh tanah yang mempunyai sifat-sifat aslinya sesuai dengan kondisi tanah di tempat pengambilan contoh tanah. Sifat aslinya meliputi kondisi struktur tanah, kepadatan tanah, kadar air dan kondisi ikatan kimianya. Untuk contoh tanah yang tidak terganggu sangat penting untuk dilakukan uji kekuatan butir tanah yang berhubungan dengan sudut geser tanah dan nilai kohesi antar butiran tanah, nilai kompresibilitas dan permeabilitas.
- b. Contoh tanah yang terganggu (*Disturbed sample*), yaitu contoh tanah yang diambil tanpa harus mempertahankan sifat-sifat aslinya. Contoh tanah terganggu biasanya digunakan untuk analisis ukuran butiran, batas-batas Atterberg (*meliputi batas cair dan indeks plastisitas*), klasifikasi tanah serta uji pemadatan.

2.2.3. Pengujian penetrasi (*Penetration Test*)

Dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah secara langsung dilapangan. Pengujian penetrasi ini dilakukan dengan dua metode, yaitu:

- a. Metode pengujian statis

Metode pengujian statis umumnya dilakukan dengan alat sondir (*Dutch Static Penetrometer*) yaitu berupa konus pada ujung alat sondir yang ditekan masuk kedalam lapisan tanah. Besar gaya yang diperoleh diukur dengan alat pengukur tekanan (*Manometer gauge*) yang menunjukkan nilai tahanan konus dalam kg/cm². Nilai konus yang diperoleh adalah nilai dari kepadatan relative (*relative density*) dari lapisan-lapisan tanah yang diukur.

- b. Metode pengujian dinamis

Metode pengujian dinamis dilakukan dengan alat SPT (*Standard Penetration Test*), cara kerjanya adalah tabung silinder contoh standar dipukul masuk kedalam tanah menggunakan alat penumbuk seberat 140 pound (63,5 Kg) yang dijatuhkan

dari ketinggian 30 inchi (76 cm) yang dihitung sebagai nilai N dengan satuan pukulan per kaki (*Blows per foot*).

Pengujian dengan metode penetrasi statis lebih sesuai digunakan di Indonesia yang lapisan tanahnya terdiri dari lapisan tanah pasir/lanau atau lempung lunak. Hasil metode penetrasi statis biasanya hasilnya lebih tepat daripada hasil pengujian penetrasi dinamis (SPT).

2.2.4. Pengujian PDA (*Pile Driving Analyzer*)

Pile Driving Analyzer Test atau sering disingkat PDA Test adalah suatu system pengujian dengan menggunakan data digital computer yang diperoleh dari strain transducer dan accelerometer untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu/hammer yang digunakan 1% - 2% dari kapasitas desain load tiang yang direncanakan.

Adapun hasil yang didapat dari PDA test adalah :

- a. Kapasitas daya dukung tiang
- b. Nilai keutuhan tiang
- c. Penurunan / displacemen tiang
- d. Efisiensi dari transfer energy pukulan palu/hammer terhadap tiang

Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan hammer/palu atau umur tiang telah mencapai 28 hari. Adapun metode dalam melaksanakan PDA Test adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan Persiapan, meliputi :
 - Penggalian tanah sekeliling kepala tiang apabila kepala tiang rata dengan permukaan tanah
 - Perapian kepala tiang agar rata, simetris dan tegak lurus.
 - Pemasangan instrumen strain transducer dan accelerometer dengan cara dibor pada sisi tiang dan saling tegak lurus dengan jarak minimal 1,5 x diameter kepala tiang.
 - Masukkan nilai kalibrasi strain transducer dan accelerometer kemudian periksa koneksitas peralatan pengujian secara keseluruhan.

- Masukkan data tiang dan palu pada PDA-PAX. Data tiang seperti nomor identifikasi tiang, tanggal pemancangan tiang, luas penampang tiang, panjang tiang yang digunakan serta panjang tiang yang tertanam. Data palu adalah berat palu yang digunakan.
- Lakukan pengecekan ulang untuk memastikan pengujian telah siap dilakukan.

2. Pekerjaan Pengujian, meliputi :

- Palu diangkat setinggi 1,5 - 2 m dengan menggunakan alat crane lalu dijatuhkan ke kepala tiang. Posisi palu saat dijatuhkan harus tegak lurus agar energy yang ditransferkan oleh palu ke tiang bisa maksimum.
- Setelah palu dijatuhkan ke kepala tiang, didapat variable tiang yang diuji seperti kapasitas daya dukung tiang (RMX), energy , displacement / penurunan maksimum tiang (DMX), dan nilai keutuhan tiang (BTA).
- Setelah pengujian dilaksanakan , dilakukan analisa lebih lanjut dengan Metode Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP) untuk memperoleh load transfer tiang, perilaku tanah di sekeliling tiang.
- Hasil pengujian beban maksimum harus 200 % dari beban rencana/desain load.

Nilai tegangan tekan yang terjadi (CSX) merupakan suatu indicator besar tegangan tekan yang terjadi di kepala tiang, dan nilai tegangan tarik yang terjadi (TSX) merupakan indicator tegangan tarik yang terjadi saat pengujian dilakukan. Nilai keutuhan/ integritas tiang uji (BTA) dinyatakan dalam persen dan nilai 100% memberikan indicator keutuhan tiang uji yang bagus. Jika nilai keutuhan tiang tidak mencapai 100% berarti pada tiang tersebut terjadi retak/crack atau patah.

2.3. Penyelidikan Tanah Di Laboratorium

Selain penyelidikan tanah dilapangan juga perlu dilakukan penyelidikan tanah dilaboratorium untuk menghitung daya dukung tanah yang meliputi uji fisik tanah dan uji mekanik. Uji fisik tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan uji mekanik untuk memperoleh nilai sudut geser dan kohesi tanah.

Uji fisik tanah terdiri dari:

- a. Kadar air (*water content*).
- b. Berat jenis (*specific gravity*).

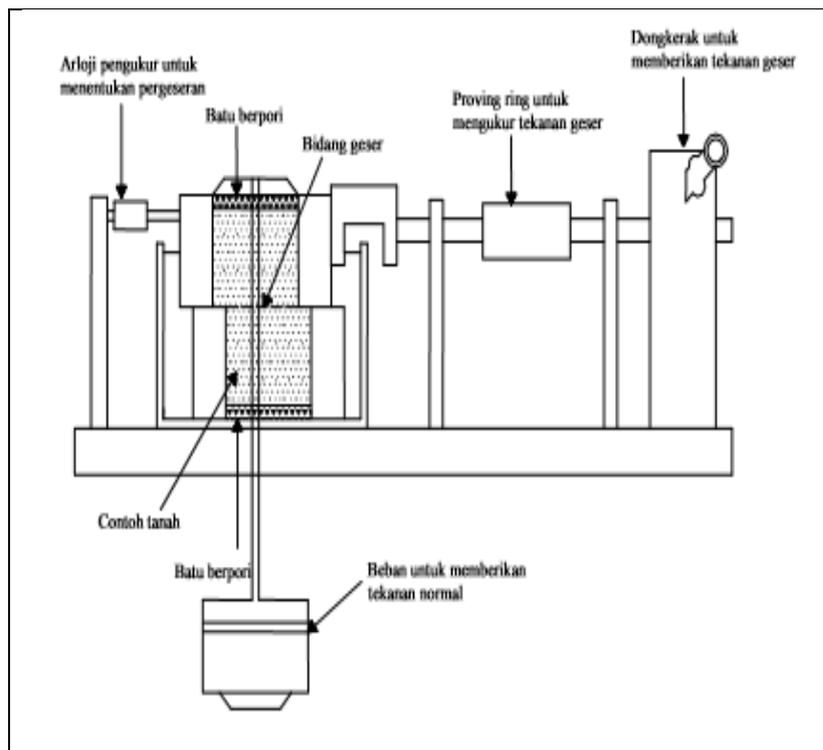
- c. Batas-batas Atterberg yang terdiri dari penelitian batas cair (*Liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), untuk memperoleh indeks plastisitas (*Plasticity indeks*), serta batas susut (*Srinkage limit*).
- d. Berat volume tanah.
- e. Analisis ayakan.

Uji mekanik yang terdiri dari:

1. Uji geser langsung (*direct shear test*)

Uji geser langsung merupakan salah satu cara penyelidikan tanah yang dilakukan di laboratorium dengan maksud untuk mengetahui kekuatan tanah terhadap gaya horizontal. Melalui uji geser langsung ini akan didapatkan besarnya nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam tanah (ϕ) dari contoh tanah yang diuji.

Alat uji geser langsung dapat dilihat pada Gambar 2.4:

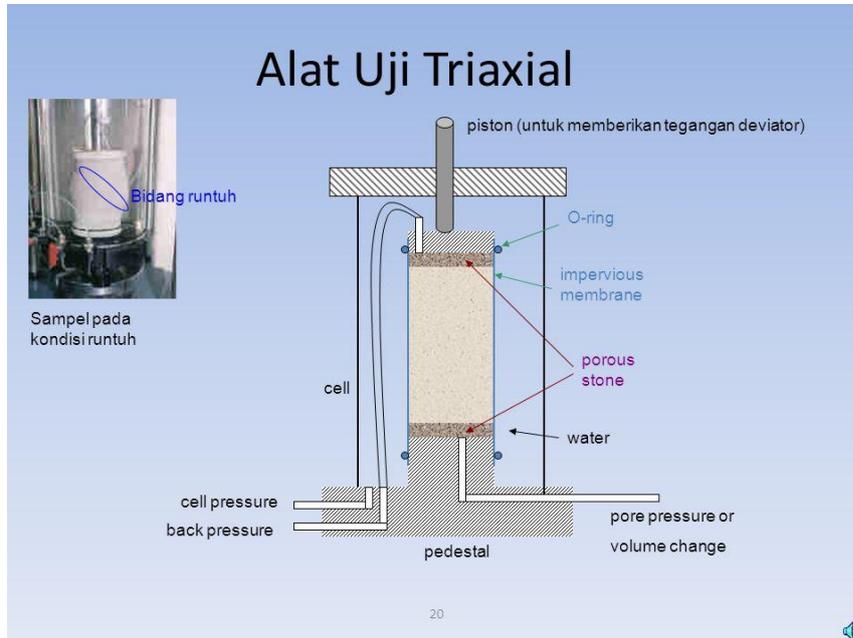


Gambar 2.4: Alat Geser Langsung.

2. Tes triaksial (*triaxial test*)

Uji test triaksial tujuannya sama dengan tes geser langsung, tetapi pada tes triaksial mempunyai kelebihan yaitu kondisi pengaliran dapat dikontrol, tekanan

air pori dapat dihitung, dapat dihitung konsolidasi yang terjadi pada contoh tanah. Berikut merupakan gambar skema alat uji triaxial:



Gambar 2.5: Skema alat triaksial (Bjerrum dkk,1960).

Pada tes triaksial ada tiga jenis pengujian pokok:

a. Tak terkonsolidasi tak terdrainase (*Unconsolidated Undrained*)

Yaitu pengujian tanpa adanya drainase air pori. Kontrol drainase diperoleh dari pemakaian suatu system tertutup ataupun dari tingkat renggangan yang tinggi, sehingga keruntuhan yang terjadi lebih cepat dari yang terdrainase.

b. Terkonsolidasi tak terdrainase (*consolidated Undrained*)

Yaitu pengujian contoh tanah dengan tegangan–tegangan yang terdapat ke segala arah dengan drainase diperbolehkan terjadi. Apabila perubahan volume telah selesai yang diketahui dari pengukuran volume ataupun pengukuran drainase pori, lalu saluran keluar untuk drainase ditutup dan contoh dibebani sampai runtuh. Kadang-kadang tekanan pori juga diukur.

c. Terkonsolidasi terdrainase (*consolidated drained*)

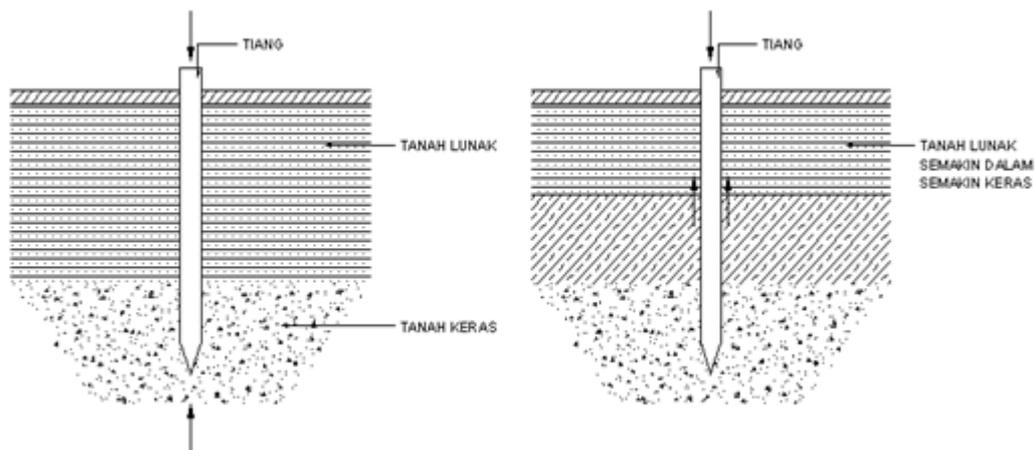
Yaitu pengujian yang hamper sama dengan uji CU, kecuali bahwa sesudah konsolidasi drainase diperbolehkan terjadi selama pembebanan. Tingkat pembebanan cukup lambat sehingga tekanan air pori besar tidak akan terjadi.

2.4. Kapasitas Daya Dukung

2.4.1. Daya Dukung Ujung Dan Tiang Gesek

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo, 2002), yaitu :

1. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zone tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang (Gambar 2.6.a).
2. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya (Gambar 2.6.b). Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah dibawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas daya dukung tiang pada proyek pembangunan rumah susun unimed medan dihitung berdasarkan data NSPT menggunakan metode Reese & Wright.



Gambar 2.6: Tahanan Ujung dan Tahanan Gesek Pada Tiang Pancang.

2.4.2. Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu.

- Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan $d < 2$ m

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.1)$$

- Untuk dasar tiang tanpa pembesaran dibagian bawah

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \quad (2.2)$$

2.4.3. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Hasil SPT

Standard Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan split spoon kedalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah (Φ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N).

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

A. Metode Meyerhof 1956 (Hardiyatmo, 2008).

1. Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah non kohesif :

$$Q_p = 40 \cdot N_{spt} \cdot A_p \quad (2.3)$$

dimana :

A_p = Luas penampang tiang pancang , m^2 .

N_{spt} = Nilai N_{spt} pada elevasi dasar tiang, KN/m^2 .

Q_p = Daya dukung ujung tiang, ton.

Koefisien perlawanan ujung tiang yang dianjurkan Meyerhof ialah 40.

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \quad (2.4)$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10 \quad (2.5)$$

Keterangan :

N_{spt} = Rata-rata N_{spt} dari 10D sampai 4D

C_u = Undrained shear strength

Q_p = Daya dukung ujung tiang (T).

A_p = Luas penampang (m^2)

2. Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Pada tanah non kohesif:

$$Q_s = 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \quad (2.6)$$

dimana:

L_i = Panjang lapisan tanah, m.

p = Keliling tiang, m.

Q_s = Daya dukung selimut tiang, ton.

N_{spt} = Nilai N_{spt} pada elevasi dasar tiang, KN/m^2 .

Pada tanah kohesif:

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i \quad (2.7)$$

dimana:

L_i = Panjang lapisan tanah, m.

p = Keliling tiang, m.

Q_s = Daya dukung selimut tiang, ton.

α = Faktor adhesi.

- Berdasarkan penelitian Reese & Wright (1977) $\alpha = 0,55$.

- Metode Kulhaway (1984), berdasarkan Grafik Undrained Shearing Resistance vs. Adhesion Factor.

C_u = Kohesi tanah, ton/m^2 .

B. Metode Decourt (1982).

Menurut Decourt (1982) daya dukung ultimate tiang pancang dinyatakan dengan:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.8)$$

1. Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p \quad (2.9)$$

dimana :

A_p = Luas penampang tiang pancang , m^2 .

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2 .

Q_p = Daya dukung ujung tiang, ton.

K = Koefisien tanah untuk metode Decourt.

Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt.

Jenis tanah	Nilai K (ton / m^2)
Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir dan kerikil	40

2. Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times A_s \quad (2.10)$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

A_s = Luas selimut tiang sepanjang tiang tertanam, m^2 .

Q_s = Daya dukung selimut tiang, ton.

2.4.4. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Dari Kuat Geser Tanah.

Berdasarkan hasil pemeriksaan tanah melalui beberapa percobaan akan didapatkan nilai berat isi tanah (γ), nilai kohesif tanah (c) serta nilai sudut geser tanah (ϕ).

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data parameter kuat geser tanah, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

A. Daya dukung ujung pondasi Tiang pancang (*end bearing*) metode Janbu.

Perhitungan daya dukung ujung data laboratorium metode Janbu :

$$Q_p = A_b \times (c_u \times N_c^* \times \sigma' \times N_q^*) \quad (2.11)$$

dimana :

Q_p = Tahanan ujung per satuan luas, ton.

A_b = Luas penampang tiang pancang , m^2 .

c_u = *Undrained cohesion*, ton/m^2 .

σ' = Tegangan efektif vertikal , ton/m^2 .

N_c^*, N_q^* = Faktor daya dukung tanah, untuk pondasi dalam.

Untuk mencari nilai c_u (*Undrained cohesion*), dapat digunakan persamaan pada tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4: Faktor Daya Dukung (Das, 2007).

ϕ'	N_c	N_q	N_γ	ϕ'	N_c	N_q	N_γ
0	5.14	1	0	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.2	14.47
2	5.63	1.2	0.15	28	25.8	14.72	16.72
3	5.9	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.4	22.4
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.3	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.8	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19

Sambungan tabel 2.4: Faktor Daya Dukung (Das, 2007).

12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.2	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.9	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.1	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.8	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.4	5.39	46	152.1	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.2	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.2	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.6	9.44	50	226.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

Untuk mencari nilai σ' (*Tegangan efektif*), dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$\sigma' = \sigma - U \quad (2.12)$$

dimana :

σ = Tegangan total kN/m²

U = Tekanan air pori kN/m²

Untuk mencari komponen-komponen nilai σ dan u akan dijelaskan dengan persamaan berikut:

Persamaan untuk nilai σ (egangan total) :

$$\sigma = \gamma_w \cdot z \quad (2.13)$$

Persamaan untuk nilai u (tekanan air pori) :

$$u = \gamma \cdot z \quad (2.14)$$

dimana :

γ_w = Berat jenis air, 9.81 (Kn/m³)

γ = Berat jenis tanah (Kn/m³).

z = Tebal lapisan tanah ,(m).

B. Daya dukung selimut bore pile (*skin friction*) Metode Meyerhof, 1967.

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot p \quad (2.15)$$

dimana :

f_i = Tahanan satuan skin friction, ton/m².

L_i = Panjang lapisan tanah, m.

p = Keliling tiang, m.

Q_s = Daya dukung selimut tiang, ton.

Pada tanah kohesif :

$$F_i = \alpha_i^* \cdot C_u \quad (2.16)$$

dimana :

α_i^* = Faktor adhesi, 0,55 (Wright, dkk, 1977).

c_u = *Undrained cohesion*, ton/m².

Pada tanah non-kohesif :

$$F = K_0 \cdot \sigma_{v'} \cdot \tan \delta \quad (2.17)$$

dimana :

K_0 = Koefisien tekanan tanah

$K_0 = 1 - \sin \varphi$

$\sigma_{v'}$ = Tegangan vertikal efektif tanah, ton/m².

$\sigma_{v'} = \gamma \cdot L'$

$L' = 15D$

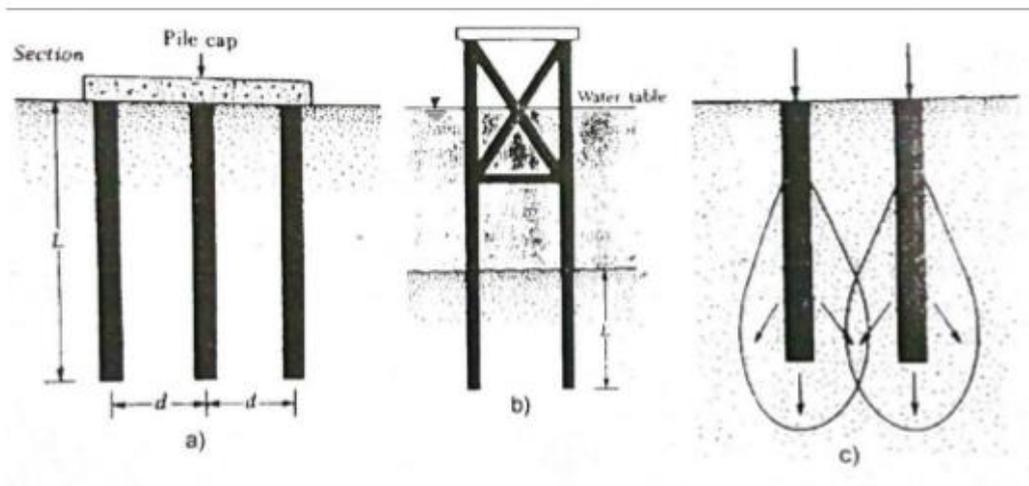
D = Diameter

$\delta = 0,8 \cdot \varphi$

2.5. Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok.

Apabila beban struktur atas yang harus ditumpu oleh pondasi tiang terlalu besar, maka secara tunggal pondasi tiang tidak lagi mampu menopang beban tersebut. Untuk itu salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan memasang beberapa tiang menjadi satu kelompok, atau sering disebut dengan pondasi grup tiang.

Masing-masing tiang dalam satu grup selanjutnya diikat bagian atasnya dengan kepala tiang (*pile cap*). Kepala tiang ini bias terikat langsung diatas atau dibawah permukaan tanah, seperti penggunaan pada umumnya, tetapi juga bias berada diatas permukaan tanah, seperti biasa dipakai pada bangunan di laut (*offshore platform, dll*). Pondasi group tiang dapat dilihat pada Gambar 2.7:



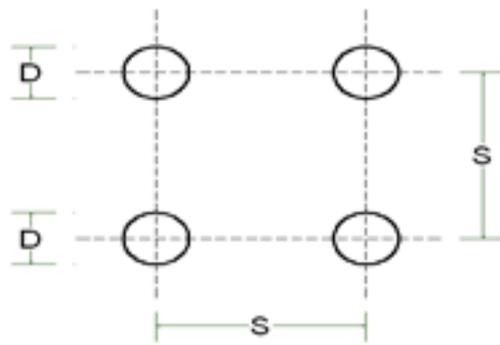
Gambar 2.7: Kontruksi Grup Tiang.

Sumber: Buku ajar rekayasa pondasi II M.Shouman,2010:Hal 4-2.

Daya dukung grup tiang secara keseluruhan sangat tergantung jarak antar tiang. Apabila jarak antar tiang sangat dekat satu sama lainnya, maka bias diasumsikan bahwa tegangan-tegangan yang disalurkan oleh tiang ke tanah disekitarnya akan overlap (gambar 2.7 c), sehingga akan mengurangi daya dukung grup tiang. Untuk itu sangat disarankan agar antara tiang dalam grup mempunyai jarak sedemikian rupa, sehingga daya dukung grup tiang keseluruhan sama dengan jumlah daya dukung tiang tunggal. Secara praktis jarak antar tiang dalam grup minimal adalah $2.5d$ (diameter tiang), tetapi secara umum jarak ini dibuat antara 3 sampai 3.5 kali diameter tiang.

Berdasarkan pada perhitungan. Daya dukung tanah oleh Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. diisyaratkan :

- Friction Pile $S_{min} = 3d$
- End Bearing Pile $S_{min} = 2.5d$



dimana :

S = Jarak masing-masing.

D = Diameter tiang

Biasanya jarak antara 2 tiang dalam kelompok diisyaratkan minimum 0,60 m dan maximum 2,00 m. Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Bila $S < 2,5 D$

Apabila jarak antara sumbu tiang $< 2,5 D$, maka pengaruh kelompok tiang akan cukup besar pada tiang geser, sehingga gaya dukung setiap tiang di dalam kelompok akan lebih kecil dari gaya dukung tiang secara individu. Ini berarti bahwa efisiensi menurun, sehingga kemampuan tiang tidak dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin.

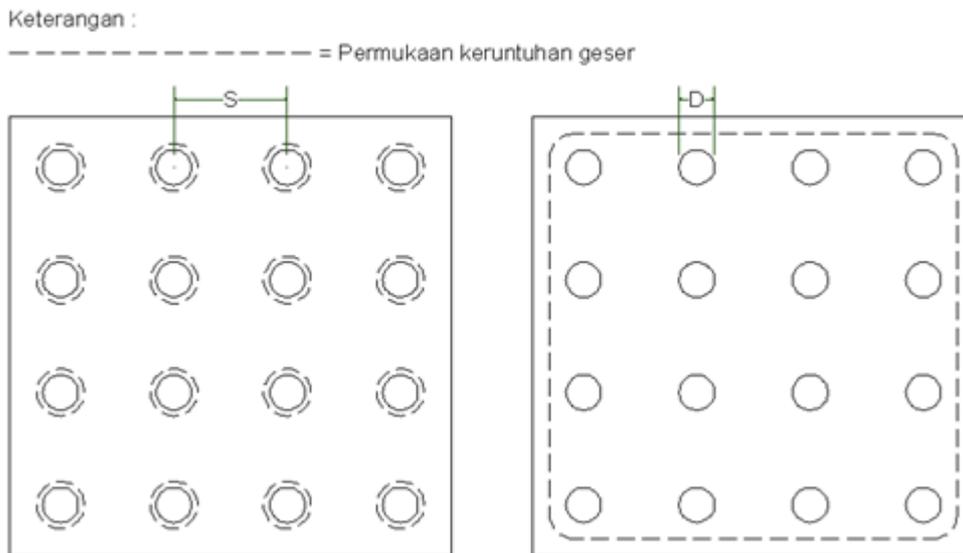
2. Bila $S > 3 D$

Apabila $S > 3 D$ maka tidak ekonomis, karena akan memperbesar ukuran/dimensi dari poer (*footing*).

2.5.1.Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi Tiang Pondasi.

Pada kelompok tiang yang dasarnya bertumpu pada lapisan lempung lunak, faktor aman terhadap keruntuhan blok harus diperhitungkan, terutama untuk jarak tiang-tiang yang dekat. Pada tiang yang dipasang pada jarak yang besar, tanah diantara tiang-tiang bergerak sama sekali ketika tiang bergerak kebawah oleh akibat beban yang bekerja (Gambar 2.8a). Tetapi, jika jarak tiang-tiang terlalu dekat, saat tiang turun oleh akibat beban, tanah diantara tiang-tiang juga ikut bergerak turun. Pada kondisi ini, kelompok tiang dapat dianggap sebagai satu

tiang besar dengan lebar yang sama dengan lebar kelompok tiang. Saat tanah yang mendukung beban kelompok tiang ini mengalami keruntuhan, maka model keruntuhannya disebut keruntuhan blok (Gambar 2.8b). Jadi, pada keruntuhan blok, tanah yang terletak diantara tiang bergerak kebawah bersama-sama dengan tiangnya. Mekanisme keruntuhan yang demikian dapat terjadi pada tipe-tipe tiang pancang maupun bore pile.



Gambar 2.8: Tipe keruntuhan dalam kelompok tiang : (a) Tiang tunggal, (b) Kelompok tiang. (Hardiyatmo, 2002).

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \quad (2.18)$$

dimana :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

n = Jumlah tiang dalam kelompok.

Q_a = Beban maksimum tiang tunggal.

Berikut adalah metode menurut *Converse Labarre Formula* yang digunakan dalam perhitungan :

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (2.19)$$

Dimana :

Eg = Efisiensi kelompok tiang.

m = Jumlah baris tiang.

n = Jumlah tiang dalam satu baris.

θ = \tan^{-1} dalam derajat.

s = Jarak pusat ke pusat tiang.

d = Diameter tiang.

2.5.2. Penurunan Pada Tiang Tunggal.

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*Settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air didalam tanah tersebut.

Rumus perhitungan tiang tunggal :

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (2.20)$$

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.21)$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p} \quad (2.22)$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_p}{P.L} \right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} \quad (2.23)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (2.24)$$

Dimana :

S = Penurunan total pondasi tiang.

S_s = Penurunan akibat deformasi axial.

tiang tunggal.

S_p = Penurunan akibat beban pada ujung tiang.

S_{ps} = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang.

Q_p = Daya dukung ujung tiang.

Q_s = Daya dukung selimut tiang.

L = Panjang tiang.

A_p = Luas ujung tiang bawah.

E_p = Modulus elastisitas material tiang.

$\alpha = 0,5$ untuk distribusi gesekan seragam atau parabolic sepanjang tiang.

$\alpha = 0,3$ untuk distribusi gesekan berbentuk segitiga.

C_p = Koefisien empiris.

D = Diameter tiang.

Q_p = Daya dukung batas ujung tiang.

P = Keliling penampang tiang.

E_s = Modulus elastisitas tanah.

μ_s = Angka poisson.

I_{ws} = Faktor pengaruh.

Tabel 2.5: Nilai koefisien C_p .

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Lanau	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

Tabel 2.6: angka Poisson (μ).

Jenis Tanah	μ
Lempung Jenuh	0,4 -0,5
Lempung Tak Jenuh	0,1 -0,3
Lempung Berpasir	0,2 -0,3
Lanau	0,3 -0,35

Sambungan Tabel 2.6: angka Poisson (μ).

Pasir Padat	0,2 -0,4
Pasir Kasar (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir Halus (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu (tergantung dari jenisnya)	0,1 -0,4
Loose	0,1 -0,3

Tabel 2.7: Modulus Elastisitas Tanah (E_s).

Jenis Tanah	E_s (KN / m ²)
Lempung	
Sangat Lunak	300 - 3000
Lunak	2000 - 4000
Sedang	4500 -9000
Keras	7000 - 20000
Berpasir	30000 - 42500
Pasir	
Berlanau	5000 - 20000
Tidak Padat	10000 - 25000
Padat	50000 - 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 - 200000
Tidak Padat	50000 - 140000
Lanau	2000 - 20000
Loess	15000 - 60000
Serpih	140000 - 1400000

2.5.3. Penurunan Pada Tiang Kelompok (*Pile Grup*)

Pada hitungan pondasi tiang, kapasitas izin tiang sering lebih didasarkan pada persyaratan penurunan. Penurunan tiang terutama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung pertiang lebih kecil

atau sama dengan tahanan ujung tiang, penurunan yang terjadi mungkin sangat kecil. Rumus penurunan kelompok tiang adalah :

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c} \quad (2.25)$$

dimana :

$$q = \frac{Q}{L_g B_g} \quad (2.26)$$

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

L_g dan B_g = lebar poor tiang kelompok.

q_c = kapasitas tahanan ujung tiang.

Penurunan kelompok tiang umumnya lebih besar daripada pondasi tiang tunggal, karena pengaruh tegangan pada area yang lebih luas dan lebih dalam.

Vesic (1977) memberikan formula sederhana sebagai berikut:

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad (2.27)$$

Dimana,

S = Penurunan pondasi tiang tunggal

S_g = Penurunan kelompok tiang

B_g = Lebar kelompok tiang

D = Diameter atau sisi kelompok tiang

2.5.4. Penurunan Yang Diijinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkak (*creep*). Oleh karena itu, dengan alasan

tersebut, kriteria penurunan pondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda.

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu:

$$S_{total} \leq S_{ijin} \quad (2.28)$$

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

Dimana ;

D = Diameter Tiang

2.6. Beban Lateral

Beban lateral merupakan beban yang memiliki arah horizontal. Beban–beban yang memiliki arah horizontal contohnya adalah beban angin, beban gempa, tekanan arah lateral, beban hempasan ombak atau kapal pada sisi struktur bangunan, dan lain-lain.

Beban lateral yang diterima oleh fondasi tiang akan bergantung pada struktur bangunan yang akan meneruskan gaya lateral yang diterima ke kolom bagian paling bawah dari upper struktur dan diteruskan pada kelompok tiang fondasi.

2.6.1. Metode Broms

Metode perhitungan ini menggunakan diagram tekanan tanah yang disederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang reaksi atau tahanan tanah mencapai nilai ultimate. Berikut ini adalah beberapa keuntungan menggunakan metode Broms:

- a. Dapat digunakan pada tiang panjang maupun tiang pendek.
- b. Dapat digunakan pada kondisi kepala tiang terjepit maupun bebas.

Selain itu ada pula beberapa kerugian dalam penggunaan metode Broms, diantaranya yaitu:

- a. Hanya berlaku untuk lapisan tanah yang homogen, yaitu tanah kohesif saja atau tanah non-kohesif saja.
- b. Tidak dapat digunakan pada tanah berlapis.

Broms membedakan antara perilaku tiang pendek (kaku) dan panjang (elastis) serta membedakan kondisi kepala tiang dalam keadaan bebas (*free head*) dan kepala tiang terjepit (*fixed head*).

2.6.2. Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut Broms adalah sebagai berikut:

$$\beta = \left(\frac{kh \cdot d}{4 \cdot E_p \cdot I_p} \right)^{1/4} \quad (2.29)$$

$$Kh = \left(\frac{k_1}{1.5} \right) \quad (2.30)$$

Syarat penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$
- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Untuk mengetahui jenis tiang termasuk tiang pendek atau tiang panjang, dilakukan perhitungan karakteristik panjang system tiang (R) sebagai berikut:

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I_p}{k}} \quad (2.31)$$

Sedangkan untuk tanah lempung terkonsolidasi normal dan tanah granular, modulus tanah dianggap tidak konstan bertambah secara linear dengan kedalamannya. Dengan T sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \cdot I_p}{n \cdot h}} \quad (2.32)$$

Dimana:

E_p = Modulus elastis tiang (KN/m²)

I_p = Momen Inersia tiang (m⁴)

- nh = Koefisien modulus variasi (KN/m³)
- kh = Modulus reaksi Subgrade (KN/m³)
- d = Diameter tiang (m)

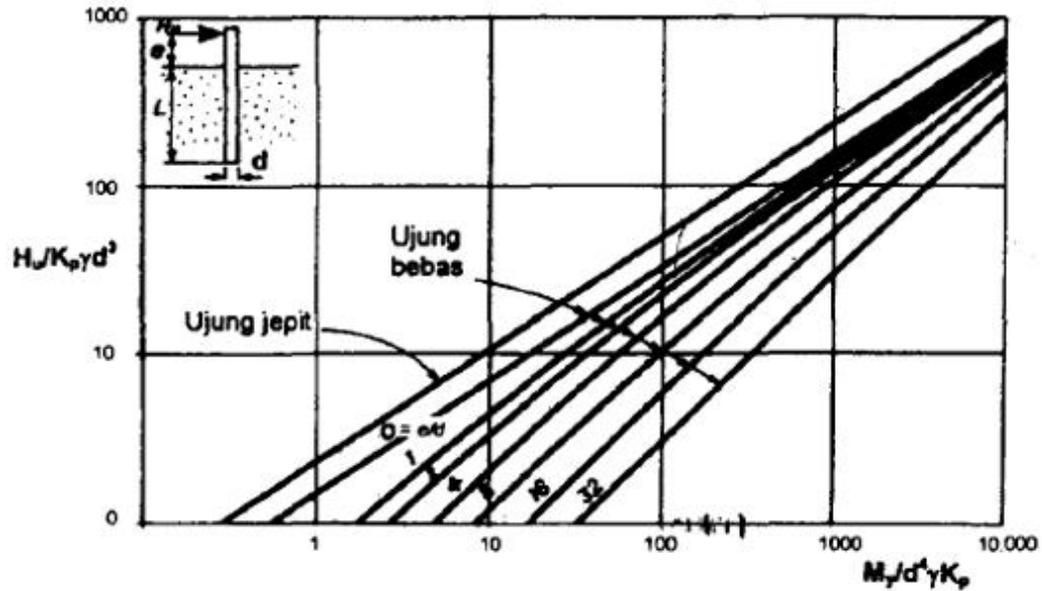
Metode Broms (1964) dapat digunakan untuk menghitung tahanan maksimum akibat gaya lateral baik rigid piles maupun long piles yang berada pada lapisan tanah homogen dan murni berupa tanah kohesif atau granular. Untuk tiap panjang dalam tanah granular:

$$H_u = \frac{2my}{e + \frac{2.f}{3}} \quad (2.33)$$

$$F = 0.82 \sqrt{\frac{H_u}{d.kp.\gamma}} \quad (2.34)$$

Dimana:

- Hu = Daya dukung lateral tiang (KN)
- My = Momen maksimum yang dapat ditahan (KN.M)
- γ = Berat volume tanah (KN/m³)
- d = Diameter tiang (m)
- e = Jarak dari titik beban horizontal ke permukaan tanah (m)
- Kp = Koefisien tekanan tanah pasif
- f = Jarak kedalaman tiang dimana gaya geser sama dengan nol (m)



Gambar 2.9: Tahanan lateral ultimit pada tanah granular untuk tiang panjang (Hardiyatmo, 2008).

Nilai H_u juga dapat diperoleh dengan menggunakan grafik.

Defleksi Tiang:

$$\alpha = \left(\frac{nh}{E_p \cdot I_p} \right)^{1/5} \quad (2.35)$$

Dimana:

nh = Koefisien reaksi subgrade (KN/m^3)

E_p = Modulus Elastis tiang (KN/m^2)

I_p = Momen Inersia tiang (m^4)

- Tiang pendek jika $\alpha L < 2$,

$$\text{Defleksi tiang: } Y_0 = \left(\frac{2h}{L^2 \cdot n \cdot h} \right) \quad (2.36)$$

- Tiang panjang jika $\alpha L < 4$,

$$\text{Defleksi tiang: } Y_0 = \left(\frac{0,93 \cdot h}{(n \cdot h)^{3/5} (E_p \cdot I_p)^{2/5}} \right) \quad (2.37)$$

Dimana:

H = Beban Lateral (KN)

L = Panjang tiang (m)

nh = Koefisien reaksi subgrade (KN/m³)

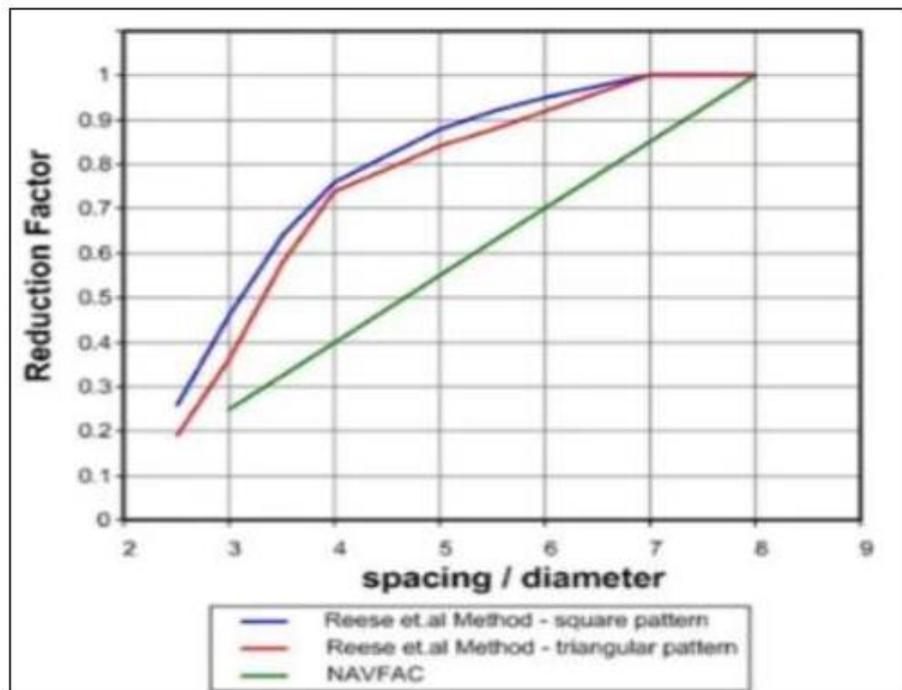
Ep = Modulus Elastis tiang (KN/m²)

Ip = Momen Inersia tiang (m⁴)

2.6.3. Daya Dukung Lateral Tiang Kelompok

Untuk menghitung nilai daya dukung lateral kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan factor reduksi.

Faktor reduksi yang paling sederhana diberikan oleh reese dkk berdasarkan full scale test pada sejumlah tiang. Diameter factor reduksi ini dipengaruhi oleh ratio s/d yaitu jarak tiang dibagi diameter tiang. Reese membedakan susunan tiang sebagai square pattern dan triangular pattern.



Gambar 2.10: Faktor reduksi(Balamba, 2018).

$$H_{\text{group}} = (\text{Faktor reduksi} \times n \times H_u) \quad (2.38)$$

Dimana:

H_u = Daya dukung lateral tiang tunggal.

H_{group} = Daya dukung lateral tiang kelompok.

n = Jumlah tiang dalam kelompok.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data Umum

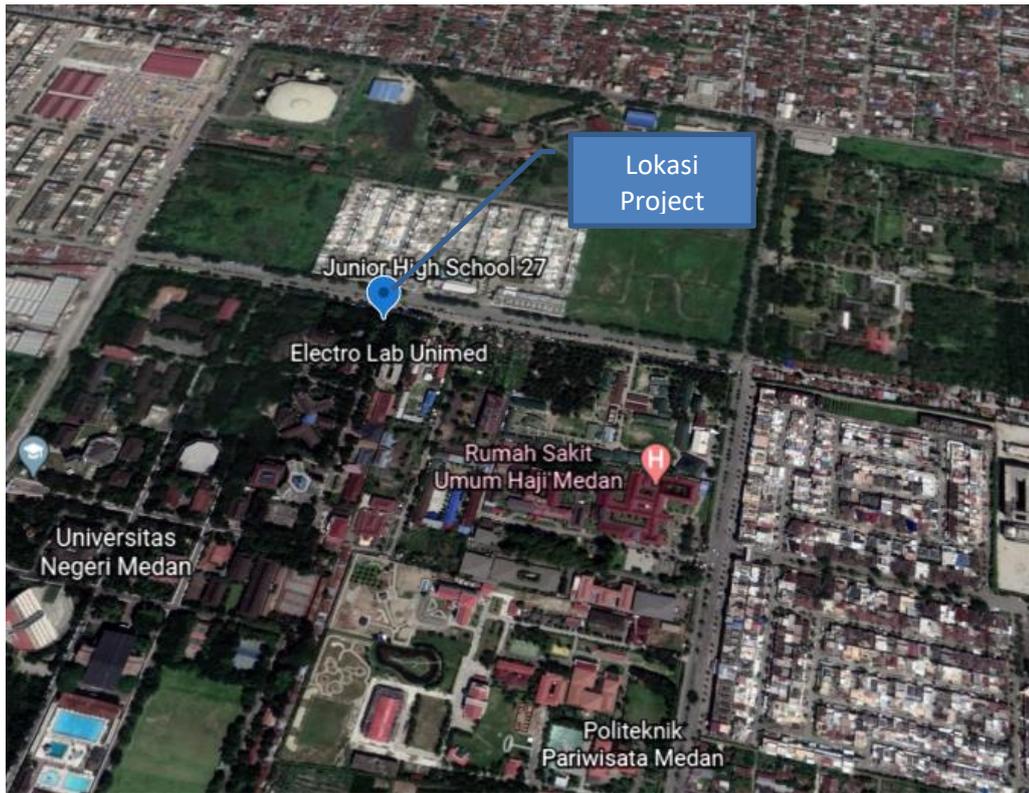
Data umum dari proyek pembangunan Rumah Susun Unimed Medan adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Rumah Susun Unimed Medan
2. Lokasi Proyek : Jl. William Iskandar - Medan
3. Sifat Kontrak : Unit Price
4. Konsultan : PT. Medan Geoteknik
5. Kontraktor Utama : PT. Razasa Karya
6. Waktu Pelaksanaan : 120 hari kerja kalender
7. Peta Lokasi : Dapat dilihat pada Gambar 3.1

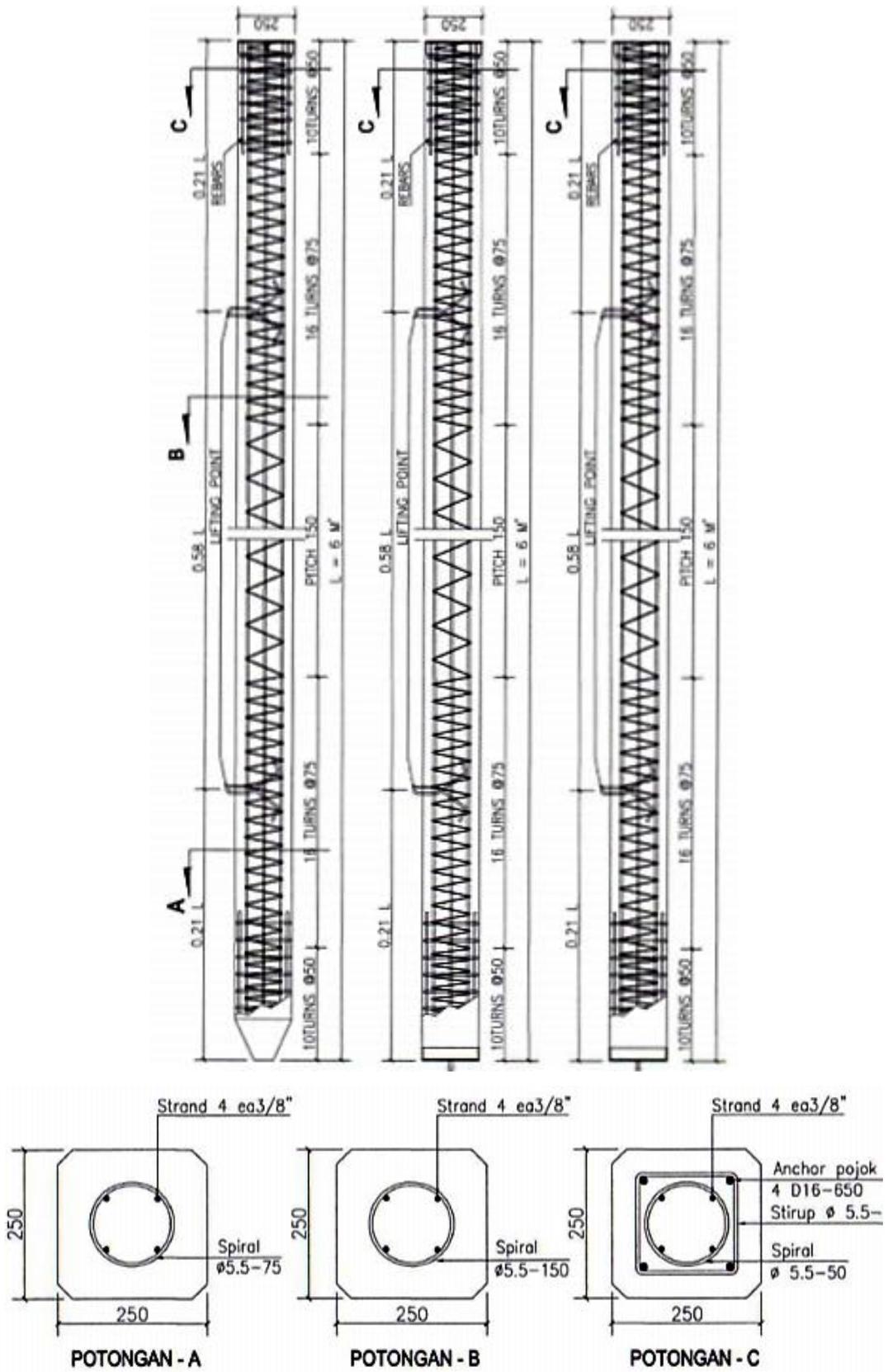
3.2. Data Teknis Tiang Pancang

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut :

1. Panjang Tiang Pancang : 18 m
2. Dimensi Tiang Pancang : 250 × 250 mm
3. Mutu Beton Tiang Pancang : f'c 25 Mpa
4. Mutu Baja : - D (ulir) : BJTD 40
- Ø (polos) : BJTP 24
5. Diameter Tulangan : D16
: Ø 5.5 (strand) dan Ø 5.5 (Spiral)
6. Jumlah Tulangan Utama : 4 batang pertiang
7. Detail Tiang Pancang : Dapat dilihat pada Gambar 3.2
8. Denah Pile Cap : Dapat dilihat pada Lampiran
9. Denah Titik Tiang Pancang : Dapat dilihat pada Lampiran
10. Detail Data SPT : Dapat dilihat pada Tabel 3.1



Gambar 3.1: Denah Lokasi.



Gambar 3.2: Detail Pondasi Tiang Pancang.

Adapun data tanah hasil uji spt pada proyek pembangunan rumah susun unimed medan dapat dilihat pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1: Data Hasil Uji SPT.

Depth	jenis tanah	N-SPT
0.00	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	0
1.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	5
2.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8
3.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	8
4.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3
6.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	4
8.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7
10.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9
12.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9
14.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8
16.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	28
18.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	30
20.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	46
22.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	60
24.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	52

3.3. Metode Pengumpulan Data

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi Tiang Pancang pada proyek pembangunan Rumah Susun Unimed ini penulis memperoleh data antara lain dari Kontraktor Pelaksana PT. Razasa Karya diperoleh berupa:

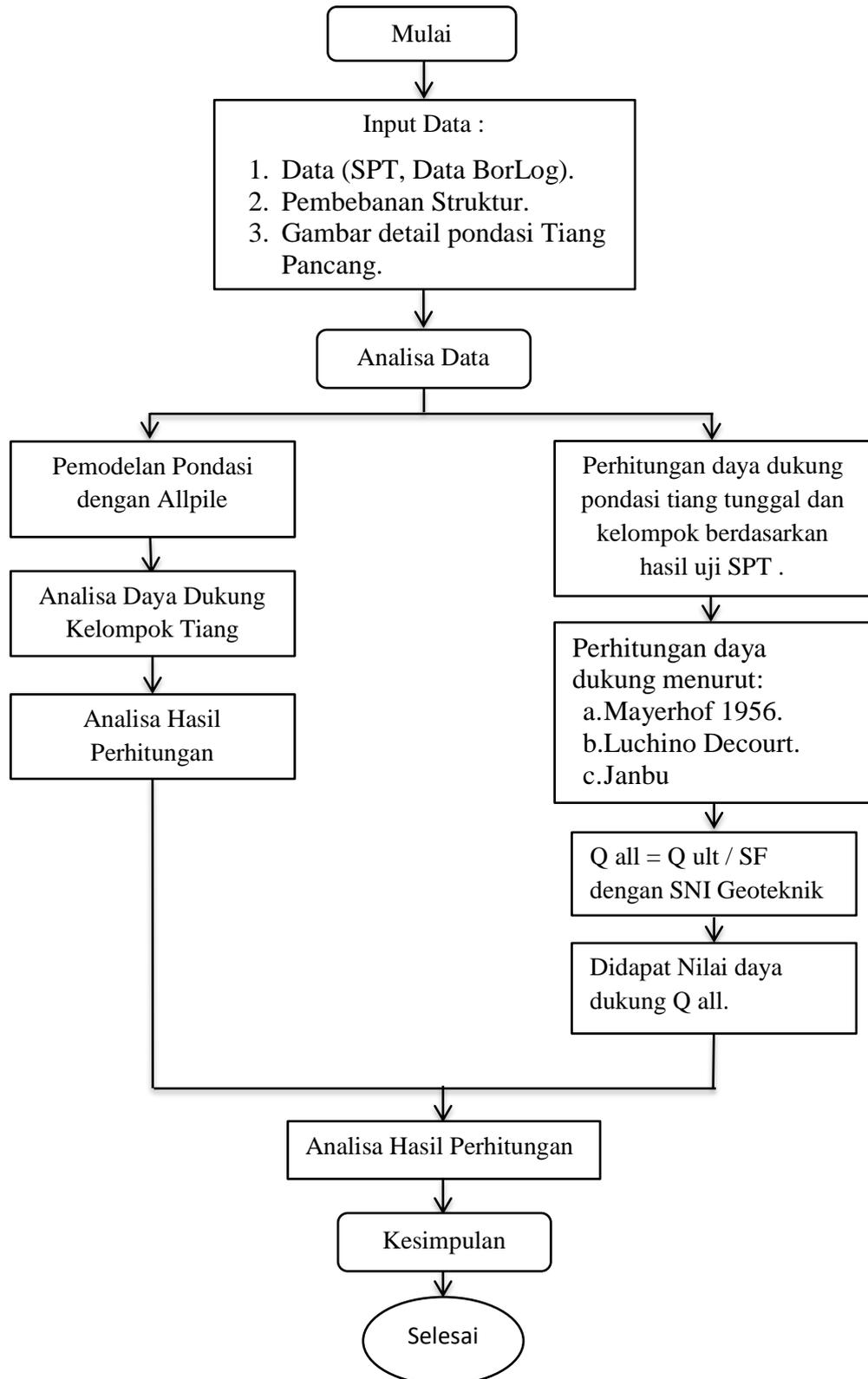
1. Data hasil SPT.
2. Data laboratorium pemeriksaan tanah.
3. Data PDA, dan
4. Gambar struktur.

3.4. Tahapan Penelitian

Dalam perhitungan perencanaan pondasi Tiang Pancang ini penulis melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung kapasitas daya dukung Tiang Pancang antara lain :
 - a. Dari data SPT dengan metode Mayerhof 1956 & Luchino Decourt.
 - b. Dari data parameter kuat geser tanah dengan metode Janbu.
 - c. Dari data PDA test dengan metode CAPWAP.
2. Menghitung kapasitas kelompok tiang berdasarkan efisiensi dengan metode Converse-Labarre Formula.
3. Menghitung penurunan tiang tunggal (*single pile*), penurunan kelompok tiang (*pile group*), dan penurunan izin.

Keseluruhan kegiatan studi ini dapat di jabarkan ke bagan alir penelitian pada Gambar 3.3 sebagai berikut:

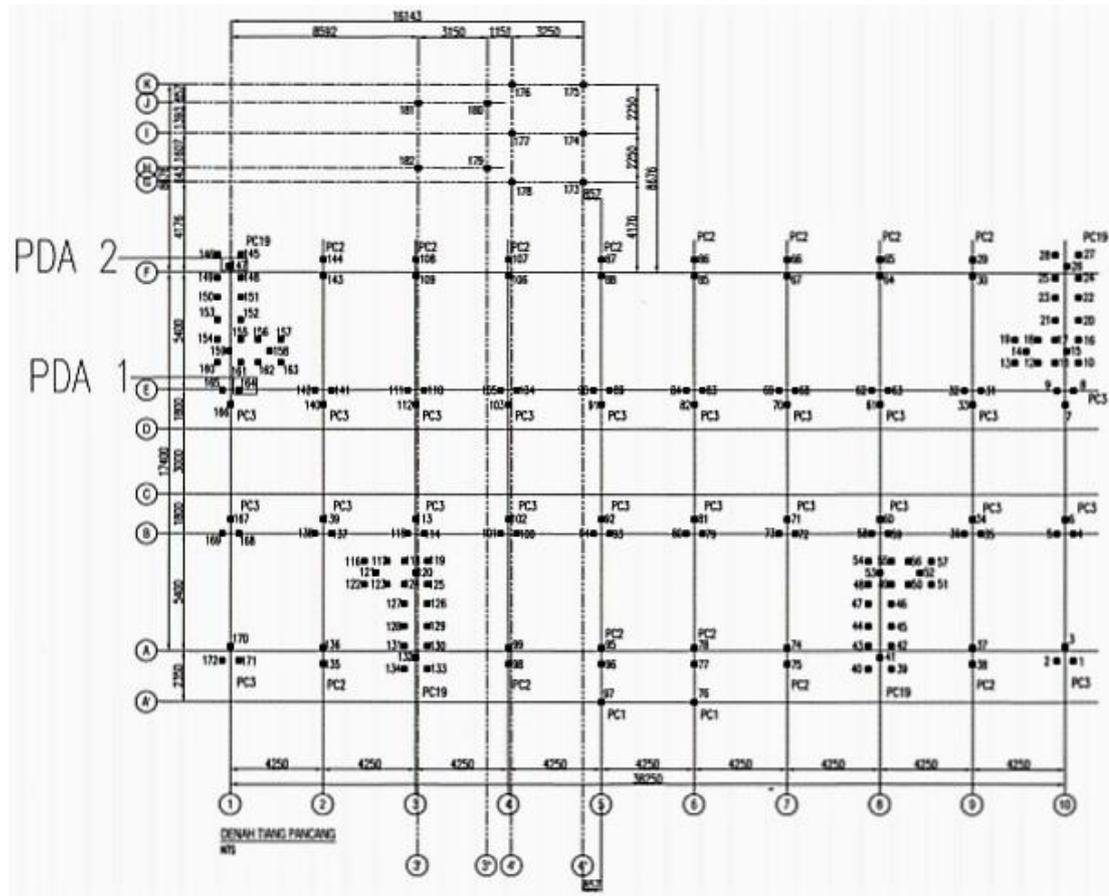


Gambar 3.3: Bagan alir penelitian.

3.5. Lokasi Titik Bor dan PDA Test

PDA test yang dilaksanakan pada Rumah Susun Unimed Medan terdiri dari 2 (dua) titik, sedangkan bor dilakukan pada 1 (satu) titik. Adapun petunjuk gambar lokasi titik PDA dan bor dapat dilihat pada Gambar 3.4 :

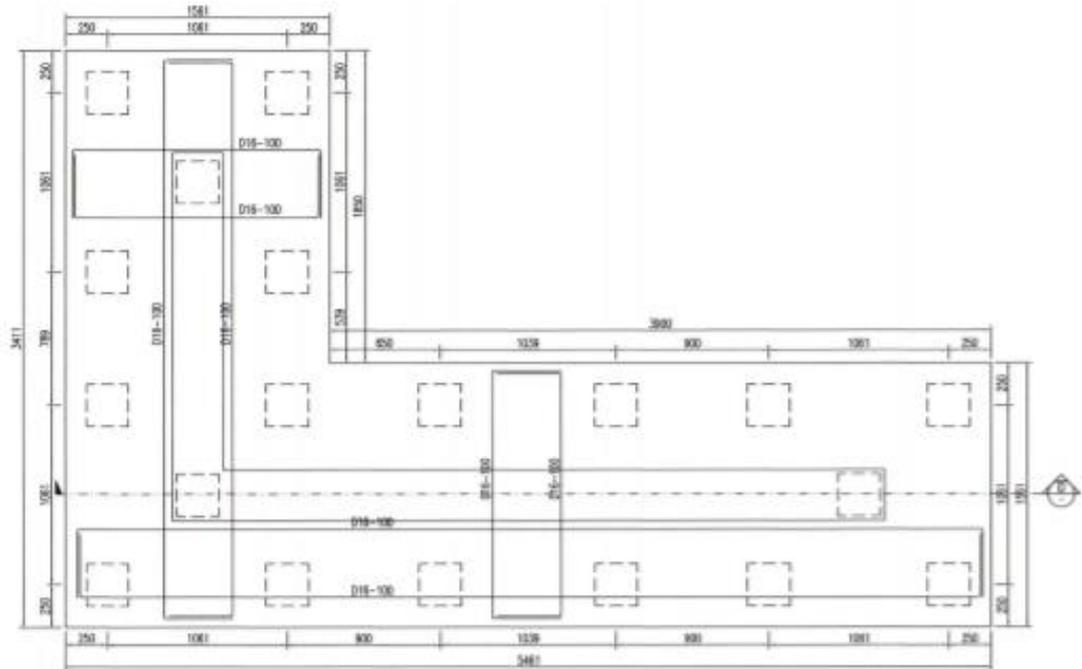
Adapun petunjuk gambar lokasi titik PDA dan bor dapat dilihat pada Gambar 3.4 :



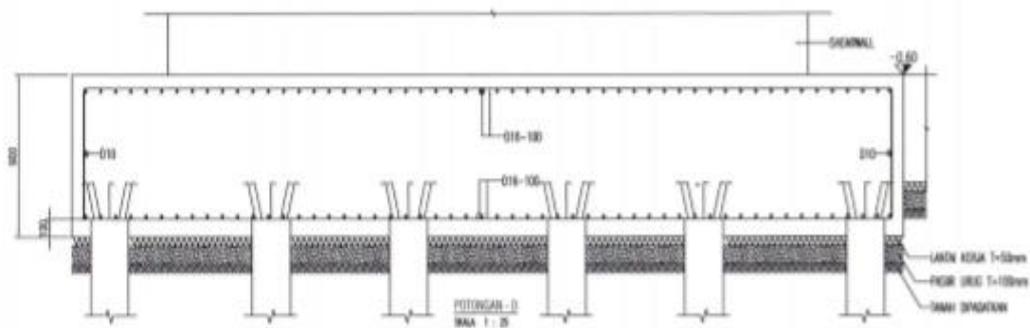
Gambar 3.4: Detail Lokasi PDA Test.

3.6. Detail Pile Cap dan Pondasi Pada Titik Shearwall

Adapun detail pondasi pada titik shearwall dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan 3.6 berikut:



Gambar 3.5: Detail PC 21 Shearwall.



Gambar 3.6: Detail Potongan PC 21 Shearwall.

3.7. Pengumpulan Data

Metode pengambilan sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Adapun data-data yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini yaitu:

3.7.1 Data Tanah

Data tanah hasil pengujian untuk rencana desain pondasi Tiang Pancang pada pembangunan Rumah Susun Unimed Medan yaitu berupa data hasil uji LAB dan Standart Penetration Test (SPT).

a. Pekerjaan Pemboran Dalam (*Bor Log*)

Informasi yang diperoleh dari boring adalah jenis tanah, warna, deskripsi jenis-jenis lapisan tanah serta konsistensinya.

b. Standart Penetration Test (SPT).

Pekerjaan SPT dan pencatatannya dilakukan setiap interval 1,5 m. Pekerjaan SPT didasarkan pada ASTM standart D1586-84.

c. Pekerjaan Sampling.

Pekerjaan sampling dilakukan untuk keperluan pengujian tanah laboratorium.

Pekerjaan sampling tanah dilakukan sesuai dengan ASTM 1587.

Adapun data hasil uji Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2: Tabel Hasil Uji LAB.

Sample Depth (m)	2.5 - 3	4 - 4.5	6 - 6.5	8 - 8.5	10 - 10.5	12 - 12.5	14 - 14.5	16 - 16.5	18 - 18.5
Condition Of Sample	UDS	UDS	UDS	UDS	UDS	UDS	UDS	UDS	UDS
Natural water content W (%)	43.40	46.22	46.98	45.45	44.09	42.53	41.58	21.48	22.40
Wet density γ wet (gr/cc)	1.54	1.42	1.74	1.75	1.76	1.78	1.79	2.06	2.05
Berat Volume tanah Jenuh air γ sat (gr/cc)	1.67	1.60	1.74	1.75	1.76	1.78	1.79	2.06	2.05
Dry density γ_d (gr/cc)	1.08	0.97	1.18	1.20	1.22	1.25	1.26	1.70	1.67
Spesifik gravity GS	2.62	2.60	2.66	2.66	2.66	2.67	2.65	2.67	2.67
Natural Void ratio e	1.43	1.68	1.25	1.21	1.17	1.14	1.10	0.57	0.60
Berat volum partikel tanah γ_s (Kn/m ³)	25.70	25.51	26.09	26.09	26.09	26.19	26.00	26.19	26.19
Porositas n (%)	58.91	62.63	55.55	54.73	53.98	53.17	52.42	36.45	37.42
Internal Skin friction (ϕ)	20.01	19.66	25.85	27.73	28.77	28.77	28.27	34.99	35.52
Degree of saturated Sr (%)	79.37	71.84	100	100	100	100	100	100	100

3.7.2 Data Pembebanan Struktur Atas

Data pembebanan mengacu pada RSNI 1727-2018 “tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain” dan SNI 1726-2019 “tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung” yang kemudian dihitung dan dimodelkan menggunakan SAP 2000 untuk mengeluarkan gaya-gaya dalam pada struktur atas. Berikut pembebanan yang akan direncanakan meliputi;

a. Dead Load (DL) dan Super Dead Load (SDL).

Dead load adalah berat semua dari bagian pada suatu bangunan yang bersifat tetap, yang merupakan bagian yang tidak bisa terpisahkan dari struktur bangunan tersebut. Sedangkan super dead load adalah beban yang melekat pada struktur itu.

b. Live Load (LL)

Semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak atau bila pada gedung berupa beban lantai hunian dan berat partisi.

c. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada perencanaan struktur ini sesuai ketentuan dalam SNI 1726-2019 serta mempertimbangkan daerah wilayah gempa, kondisi tanah, dan parameter lainnya.

d. Beban Angin

Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung pada kecepatan angin, rapat masa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin akan menyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Sebagai akibatnya energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa hisapan atau tekanan pada bangunan. Perhitungan beban angin mengacu pada RSNI 1727-2018.

3.8. Perhitungan Daya Dukung Ultimate Tiang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang dilakukan dengan cara pendekatan statis analisis dan statis empiris. Perhitungan daya dukung secara statis analisis dilakukan menurut teori mekanika tanah yaitu; menggunakan parameter-

parameter geser tanah (c dan ϕ) dari hasil investigasi tanah dilaboratorium. Sedangkan pada metode analisis empiris, korelasi yang digunakan adalah hasil dari pembacaan dari penetrasi suatu alat penetrometer.

Alat penetrometer yang digunakan pada metode statis empiris adalah Standar Penetration Test (SPT). Adapun hasil perhitungan daya dukung ultimate tiang tunggal dari hasil analisis menggunakan metode analitik dapat dilihat pada tabel 3.3-3.7:

a. Daya dukung ultimate tiang tunggal dari data SPT metode Meyerhof 1956.

Type Pondasi : Concrete
 Dimension : 0.25m x 0.25m
 Area : 0.0625 m²
 Parimeter : 1 m
 Kedalaman Pondasi :18m

Tabel 3.3: Daya dukung ultimate metode Meyerhof 1956.

Depth	jenis tanah	N	cu (KN/m ²)	α	Skin Friction		End Bearing	Qult
					Local	Cumm		
0.00	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	0	0.00	0.55	0.000	0.000	0.000	0.000
1.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	5	33.33	0.55	18.333	18.333	18.750	37.083
2.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8	53.33	0.55	58.667	77.000	30.000	88.667
3.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	8	53.33	0.55	88.000	165.000	30.000	118.000
4.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3	20.00	0.55	44.000	209.000	11.250	55.250
6.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	4	0.00	0.00	4.800	213.800	10.000	14.800
8.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7	0.00	0.00	11.200	225.000	17.500	28.700
10.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	0.00	0.00	18.000	243.000	22.500	40.500
12.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	0.00	0.00	21.600	264.600	22.500	44.100
14.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8	0.00	0.00	22.400	287.000	20.000	42.400
16.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	28	0.00	0.00	89.600	376.600	70.000	159.600
18.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	30	0.00	0.00	108.000	484.600	75.000	183.000

b. Daya dukung ultimate tiang tunggal dari data SPT metode Decourt 1982.

Type Pondasi : Concrete
 Dimension : 0.25m x 0.25m
 Area : 0.0625 m²
 Parimeter : 1 m
 Kedalaman Pondasi : 18 m

Tabel 3.4: Daya dukung ultimate metode Decourt 1982.

Depth	jenis tanah	N	N'	AS	AP	QP	QS	Q.Ult
						(ton)	(ton)	(ton)
0.00	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	0	0.00	0.00	0.0625	0.00	0.00	0.00
1.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	5	5.00	1.00	0.0625	3.25	2.67	5.92
2.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8	6.50	2.00	0.0625	5.25	6.33	11.58
3.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	8	7.00	3.00	0.0625	4.75	10.00	14.75
4.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3	6.00	4.00	0.0625	3.75	12.00	15.75
6.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	4	5.60	6.00	0.0625	11.67	17.20	28.87
8.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7	5.83	8.00	0.0625	16.67	23.56	40.22
10.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	6.29	10.00	0.0625	20.83	30.95	51.79
12.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	6.63	12.00	0.0625	21.67	38.50	60.17
14.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8	6.78	14.00	0.0625	37.50	45.63	83.13
16.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	28	8.90	16.00	0.0625	55.00	63.47	118.47
18.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	30	10.82	18.00	0.0625	86.67	82.91	169.58

c. Daya dukung ultimate tiang tunggal dari data LAB metode Janbu.

Type Pondasi	: Concrete
Dimension	: 0.25m x 0.25m
Area	: 0.0625 m ²
Parimeter	: 1 m
Kedalaman Pondasi	: 18 m

➤ Menghitung daya dukung ujung tiang (Qp) Metode Janbu.

Tabel 3.5: Daya dukung ujung tiang metode Janbu.

Kedalaman	ϕ	Cu (t/m ²)	Nc*	σ' (t/m ³)	Nq*	Qp (ton)
18	35.52	20.394	48.444	30.070	35.614	128.680

Dari tabel diatas didapat nilai daya dukung ujung (Qp) dengan analisis data hasil uji laboratorium metode Janbu pada kedalaman 18 m yaitu, 128.680 ton.

➤ Menghitung daya dukung selimut tiang (Qs) Metode meyerhof.

Tabel 3.6: Daya dukung selimut tiang metode meyerhof.

Kedalaman	ϕ	Cu (t/m ²)	K	σ' (t/m ³)	FS (t/m ²)	Qs (ton)
18	35.52	20.394	0.419	30.070	6.817	122.709

Dari tabel diatas didapat nilai daya dukung selimut (Qs) dengan analisis data hasil uji laboratorium metode meyerhof pada kedalaman 18 m yaitu, 122.709 ton.

➤ Menghitung daya dukung Ultimate tiang (Qult).

Tabel 3.7: Daya dukung ultimate tiang.

Kedalaman	QP (ton)	Qs (ton)	QU (ton)
18	128.680	122.71	251.39

Daya dukung ultimate (Qult) didapat dari hasil penjumlahan daya dukung ujung tiang (Qp) dan daya dukung selimut tiang (Qs). Dari hasil perhitungan

diatas, maka didapat nilai daya dukung ultimate dari kedua metode tersebut sebesar 251.39 ton.

3.9. Perhitungan Daya Dukung Tiang Grup

Perhitungan daya dukung tiang grup dilakukan untuk mengetahui kemampuan daya dukung tiang secara kelompok dalam menahan rencana pembebanan. Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya (Hardiyatmo, 2015), maka dengan itu dinyatakan persamaan kapasitas ultimate tiang kelompok (Terzaghi, dkk, 1948) :

$$Q_g = 2D (B+L)c + 1.3 c_b.N_c.BL \quad (3.0)$$

dimana :

Q_g = Kapasitas ultimit kelompok (KN).

c = Kohesi tanah di sekeliling kelompok tiang (KN/m²).

c_b = Kohesi tanah di bawah dasar kelompok tiang (KN/m²).

B = Lebar kelompok tiang (m)

L = Panjang kelompok tiang (m)

D = Kedalaman tiang dibawah permukaan tanah (m)

N_c = Faktor kapasitas dukung.

3.10. Perhitungan Penurunan (Settlement pondasi)

Akibat beban bekerja pada pondasi tiang bored pile, maka akan terjadi penurunan (*settlement*) pada tanah pendukungnya. Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (Settlement). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air didalam tanah tersebut.

Rumus perhitungan tiang tunggal :

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (3.1)$$

Dimana :

S = Penurunan total pondasi tiang.

S_s = Penurunan akibat deformasi axial.

tiang tunggal.

S_p = Penurunan akibat beban pada ujung tiang.

S_{ps} = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang.

3.11. Analisa Data PDA (*Pile Driving Analyze*).

Pile Driving Analyze test sering disingkat PDA test adalah suatu sistem pengujian dengan menggunakan data digital computer yang diperoleh dari strain transducer dan accelerometer untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu/hammer yang digunakan 1% - 2% dari kapasitas load desain tiang yang direncanakan.

Adapun hasil yang didapat dari PDA Test adalah:

- a. Kapasitas daya dukung tiang
- b. Nilai keutuhan tiang
- c. Penurunan/ displacement tiang
- d. Efisiensi dan transfer energy pukulan hammer terhadap tiang.

3.12. Kesimpulan.

Setelah analisis daya dukung aksial tiang pancang dan penurunan (*settlement*) pada pondasi struktur shearwall dari ketiga metode diatas didapat, maka selanjutnya ialah membuat kesimpulan berdasarkan hasil analisa metode manakah yang nilai daya dukungnya mendekati nilai PDA serta metode manakah yang hasil analisa daya dukungnya berbeda jauh dengan nilai PDA, begitu pula dengan hasil perhitungan penurunan (*settlement*).

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Rumah susun UNIMED Medan yang terletak di Jl. William Iskandar, Medan. Pada bab ini, penulis akan mengaplikasikan metode perhitungan daya dukung yang telah disampaikan pada Bab II.

4.2. Gambaran Umum Rumah Susun Unimed Medan

Rumah susun Unimed Medan merupakan sebuah bangunan gedung 4 (empat) lantai yang diperuntukan sebagai asrama bagi mahasiswa Unimed Medan yang berasal dari luar kota medan. Gedung ini memiliki 4 (empat) buah shearwall yang bertujuan untuk menambah kekakuan gedung sehingga dapat meredam gaya lateral yang lebih besar. Untuk mendukung kinerja shearwall dalam menahan gaya aksial dan lateral, maka dibutuhkan pula perencanaan pondasi yang baik agar nantinya beban yang diterima oleh pondasi dapat disalurkan ke lapisan tanah keras yang berada dibawahnya. Jenis kontruksi pondasi yang digunakan pada rumah susun Unimed Medan ini adalah pondasi tiang pancang.

Adapun data yang diperoleh pada proyek ini antara lain :

1. Data hasil SPT;
2. Data parameter kuat geser tanah (Data Lab);
3. Data PDA;
4. Data hasil laporan pemancangan.
4. Gambar Struktur:

4.3. Hasil Dan Pembahasan

4.3.1. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.

4.3.1.1. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Data SPT

a. Metode Meyerhof 1956 (Hardiyatmo, 2008).

Perhitungan kapasitas daya dukung Tiang pancang per lapisan dari data SPT memakai metode Meyerhof 1956 dan data diambil pada titik (PC-21).

➤ **Pada Kedalaman 1m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm
	= 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A_p)	= P x L
	= 25 x 25
	= 625 cm ² = 0,0625 m ²
Nilai N_{spt}	= 5
Jenis Tanah	= kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka ;

$$\begin{aligned} C_u &= 5 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 33.33 \text{ Kn/m}^2 = 3.33 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times 3.33 \times 0.0625 \\ &= 1.875 \text{ ton.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut resse & wright nilai α yang digunakan ialah 0,55.

$$\begin{aligned} Q_s &= 0.55 \times 3.33 \times 1 \times 1 \\ &= 1.833 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1.875 + 1.833 \\ &= 3.708 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 2m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p\text{)} &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 8$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka ;

$$\begin{aligned} C_u &= 8 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 53.33 \text{ Kn/m}^2 = 5.33 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times 5.33 \times 0.0625 \\ &= 3 \text{ ton.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut resse & wreight nilai α yang digunakan ialah 0,55.

$$Q_s = 0.55 \times 5.33 \times 1 \times 2$$

$$= 5.867 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 3 + 5.867$$

$$= 8.867 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 3m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\text{Keliling tiang pancang (p)} = 4 \times 25 \text{ cm}$$

$$= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Luas tiang pancang (A}_p\text{)} = P \times L$$

$$= 25 \times 25$$

$$= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2$$

$$\text{Nilai N}_{spt} = 8$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka ;

$$C_u = 5 \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$= 53.33 \text{ Kn/m}^2 = 5.33 \text{ T/m}^2$$

$$Q_p = 9 \times 5.33 \times 0.0625$$

$$= 3 \text{ ton.}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut resse & wreight nilai α yang digunakan ialah 0,55.

$$\begin{aligned} Q_s &= 0.55 \times 5.33 \times 1 \times 3 \\ &= 8.8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 3 + 8.8 \\ &= 11.8 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 4m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 3$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka ;

$$\begin{aligned} C_u &= 3 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 20 \text{ Kn/m}^2 = 2 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times 2 \times 0.0625 \\ &= 1.125 \text{ ton.} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \text{Parimeter} \times L_i$$

Menurut resse & wreight nilai α yang digunakan ialah 0,55.

$$\begin{aligned} Q_s &= 0.55 \times 2 \times 1 \times 4 \\ &= 4.4 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1.125 + 4.4 \\ &= 5.525 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 6m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai N}_{spt} = 4$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N_{spt} \times A_p \\ &= 40 \times 4 \times 0.0625 \\ &= 10 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_s = 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i$$

$$= 0.2 \times 4 \times 1 \times 6$$

$$= 4.8 \text{ Ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 10 + 4.8$$

$$= 14.8 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 8m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm
	= 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A _p)	= P x L
	= 25 x 25
	= 625 cm ² = 0,0625 m ²
Nilai N _{spt}	= 7
Jenis Tanah	= Non kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_p = 40 \times N_{spt} \times A_p$$

$$= 40 \times 7 \times 0.0625$$

$$= 17.5 \text{ Ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_s = 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i$$

$$= 0.2 \times 7 \times 1 \times 8$$

$$= 11.2 \text{ Ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned}
Q_u &= Q_p + Q_s \\
&= 17.5 + 11.2 \\
&= 28.7 \text{ ton.}
\end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 10m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
\text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\
&= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas tiang pancang (A}_p\text{)} &= P \times L \\
&= 25 \times 25 \\
&= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 9$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned}
Q_p &= 40 \times N_{spt} \times A_p \\
&= 40 \times 9 \times 0.0625 \\
&= 22.5 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned}
Q_s &= 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\
&= 0.2 \times 9 \times 1 \times 10 \\
&= 18 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned}
Q_u &= Q_p + Q_s \\
&= 22.5 + 18 \\
&= 40.5 \text{ ton.}
\end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 12m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm
	= 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A _P)	= P x L
	= 25 x 25
	= 625 cm ² = 0,0625 m ²
Nilai N _{spt}	= 9
Jenis Tanah	= Non kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned}Q_p &= 40 \times N_{spt} \times A_p \\ &= 40 \times 9 \times 0.0625 \\ &= 22.5 \text{ Ton}\end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned}Q_s &= 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\ &= 0.2 \times 9 \times 1 \times 12 \\ &= 21.6 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned}Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 22.5 + 21.6 \\ &= 44.1 \text{ ton.}\end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 14m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm
	= 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A _P)	= P x L

$$= 25 \times 25$$

$$= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2$$

Nilai N_{spt} = 8

Jenis Tanah = Non kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_p = 40 \times N_{spt} \times A_p$$

$$= 40 \times 8 \times 0,0625$$

$$= 20 \text{ Ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_s = 0,2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i$$

$$= 0,2 \times 8 \times 1 \times 14$$

$$= 22,4 \text{ Ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 20 + 22,4$$

$$= 42,4 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 16m.**

Dimensi tiang (D) = 25 x 25 cm

Keliling tiang pancang (p) = 4 x 25 cm
= 100 cm = 1 m

Luas tiang pancang (A_p) = P x L
= 25 x 25
= 625 cm² = 0,0625 m²

Nilai N_{spt} = 28

Jenis Tanah = Non kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N_{spt} \times A_p \\ &= 40 \times 28 \times 0.0625 \\ &= 70 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned} Q_s &= 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\ &= 0.2 \times 28 \times 1 \times 16 \\ &= 89.6 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 70 + 89.6 \\ &= 159.6 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 18m.**

Dimensi tiang (D) = 25 x 25 cm

Keliling tiang pancang (p) = 4 x 25 cm
= 100 cm = 1 m

Luas tiang pancang (A_p) = P x L
= 25 x 25
= 625 cm² = 0,0625 m²

Nilai N_{spt} = 30

Jenis Tanah = Non kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N_{spt} \times A_p \\ &= 40 \times 30 \times 0.0625 \\ &= 75 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1956).

Untuk tanah Non kohesif :

$$\begin{aligned} Q_s &= 0.2 \times N_{spt} \times \text{Parimeter} \times L_i \\ &= 0.2 \times 30 \times 1 \times 18 \\ &= 108 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1956, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 75 + 108 \\ &= 183 \text{ ton.} \end{aligned}$$

b. Metode Decourt 1982.

Perhitungan kapasitas daya dukung Tiang pancang per lapisan dari data SPT memakai metode L.Decourt 1982 dan data diambil pada titik (PC-21).

➤ **Pada Kedalaman 1m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm
	= 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A_p)	= P x L
	= 25 x 25
	= 625 cm ² = 0,0625 m ²
Nilai N_{spt}	= 5
Nilai N_p	= (0 + 5 + 8)/3 = 4.33
Nilai N_s	= 5
Jenis Tanah	= kohesif
Nilai K	= 12 (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m²

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$Q_p = 4.33 \times 12 \times 0.0625$$

$$= 3.25 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$Q_s = (5 / 3 + 1) \times 1$$

$$= 2.67 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 3.25 + 2.67$$

$$= 5.92 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 2m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 8$$

$$\text{Nilai } N_p = (5 + 8 + 8) / 3 = 7$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8) / 2 = 6.5$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 12 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$Q_p = 7 \times 12 \times 0.0625$$

$$= 5.25 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$Q_s = (6.5 / 3 + 1) \times 1$$

$$= 6.33 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 5.25 + 6.33$$

$$= 11.58 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 3m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 8$$

$$\text{Nilai } N_p = (8 + 8 + 3)/3 = 6.33$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8)/3 = 7$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 12 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 6.33 \times 12 \times 0.0625 \\ &= 4.75 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (7 / 3 + 1) \times 1 \\ &= 10 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 4.75 + 10 \\ &= 14.75 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 4m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 3$$

$$\text{Nilai } N_p = (8 + 3 + 4)/3 = 5$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8+3)/4 = 6$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 12 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$\begin{aligned}Q_p &= N_p \times K \times A_p \\Q_p &= 5 \times 12 \times 0.0625 \\&= 3.75 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$\begin{aligned}Q_s &= (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter} \\Q_s &= (6 / 3 + 1) \times 1 \\&= 12 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$\begin{aligned}Q_u &= Q_p + Q_s \\&= 3.75 + 12 \\&= 15.75 \text{ ton.}\end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 6m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm = 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A _p)	= P x L = 25 x 25 = 625 cm ² = 0,0625 m ²
Nilai N _{spt}	= 4
Nilai N _p	= (3 + 4 + 7)/3 = 4.67
Nilai N _s	= (5+8+8+3+4)/5 = 5.6
Jenis Tanah	= Non kohesif
Nilai K	= 40 (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m²

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$Q_p = 4.67 \times 40 \times 0.0625$$

$$= 11.67 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$Q_s = (5.6 / 3 + 1) \times 1$$

$$= 17.20 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 11.67 + 17.20$$

$$= 28.87 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 8m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 7$$

$$\text{Nilai } N_p = (4 + 7 + 9)/3 = 6.67$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8+3+4+7)/6 = 5.83$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 40 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 6.67 \times 40 \times 0.0625 \\ &= 16.67 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (5.83 / 3 + 1) \times 1 \\ &= 23.56 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 16.67 + 23.56 \\ &= 40.22 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 10m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 9$$

$$\text{Nilai } N_p = (7 + 9 + 9)/3 = 8.33$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8+3+4+7+9)/7 = 6.29$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 40 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 8.33 \times 40 \times 0.0625 \\ &= 20.83 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (6.29 / 3 + 1) \times 1 \\ &= 30.95 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 20.83 + 30.95 \\ &= 51.79 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 12m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 9$$

$$\text{Nilai } N_p = (9 + 9 + 8) / 3 = 8.67$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8+3+4+7+9+9) / 8 = 6.63$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 40 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$Q_p = 8.67 \times 40 \times 0.0625$$

$$= 21.67 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$Q_s = (6.63 / 3 + 1) \times 1$$

$$= 38.50 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 21.67 + 38.50$$

$$= 60.17 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 14m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 8$$

$$\text{Nilai } N_p = (9 + 8 + 28)/3 = 15$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8+3+4+7+9+9+8)/9 = 6.78$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 40 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 15 \times 40 \times 0.0625 \\ &= 37.5 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (6.78 / 3 + 1) \times 1 \\ &= 45.63 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 37.5 + 45.63 \\ &= 83.13 \text{ ton.} \end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 16m.**

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p\text{)} &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 28$$

$$\text{Nilai } N_p = (8 + 28 + 30)/3 = 22$$

$$\text{Nilai } N_s = (5+8+8+3+4+7+9+9+8+28)/10 = 8.90$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{Non kohesif}$$

$$\text{Nilai } K = 40 \text{ (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).}$$

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m^2

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$\begin{aligned}Q_p &= N_p \times K \times A_p \\Q_p &= 22 \times 40 \times 0.0625 \\&= 55 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$\begin{aligned}Q_s &= (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter} \\Q_s &= (8.90 / 3 + 1) \times 1 \\&= 63.47 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$\begin{aligned}Q_u &= Q_p + Q_s \\&= 55 + 63.47 \\&= 118.47 \text{ ton.}\end{aligned}$$

➤ **Pada Kedalaman 18m.**

Dimensi tiang (D)	= 25 x 25 cm
Keliling tiang pancang (p)	= 4 x 25 cm = 100 cm = 1 m
Luas tiang pancang (A _p)	= P x L = 25 x 25 = 625 cm ² = 0,0625 m ²
Nilai N _{spt}	= 30
Nilai N _p	= (28 + 30 + 46)/3 = 34.67
Nilai N _s	= (5+8+8+3+4+7+9+9+8+28+30)/11 = 10.82
Jenis Tanah	= Non kohesif
Nilai K	= 40 (Tabel 2.3: Nilai koefisien tanah menurut Decourt).

dimana:

N_s = Nilai rata-rata N_{spt} sepanjang tiang.

N_p = Nilai rata-rata ketiga nilai N_{spt} pada ujung tiang, KN/m²

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Decourt, 1982).

$$Q_p = N_p \times K \times A_p$$

$$Q_p = 34.67 \times 40 \times 0.0625$$

$$= 86.67 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Decourt, 1982).

$$Q_s = (N_s / 3 + 1) \times \text{parimeter}$$

$$Q_s = (10.82 / 3 + 1) \times 1$$

$$= 82.91 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Decourt 1982, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 86.67 + 82.91$$

$$= 169.58 \text{ ton.}$$

4.3.1.2. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Data LAB

Berikut merupakan data parameter tanah dari hasil uji lab yang dilakukan oleh PT. Medan Geoteknik dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1: Parameter data hasil uji Lab.

Sample Depth (m)	2.5 - 3	4 - 4.5	6 - 6.5	8 - 8.5
Condition Of Sample	UDS	UDS	UDS	UDS
Natural water content W (%)	43.40	46.22	46.98	45.45
Wet density γ_{wet} (gr/cc)	1.54	1.42	1.74	1.75
Dry density γ_d (gr/cc)	1.08	0.97	1.18	1.20
Spesifik gravity GS	2.62	2.60	2.66	2.66
Natural Void ratio e	1.43	1.68	1.25	1.21
Berat volum partikel tanah γ_s (Kn/m ³)	25.70	25.51	26.09	26.09
Porositas n (%)	58.91	62.63	55.55	54.73
Internal Skin friction (ϕ)	20.01	19.66	25.85	27.73

Sambungan tabel 4.1: Parameter data hasil uji Lab.

10 - 10.5	12 - 12.5	14 - 14.5	16 - 16.5	18 - 18.5
UDS	UDS	UDS	UDS	UDS
44.09	42.53	41.58	21.48	22.40
1.76	1.78	1.79	2.06	2.05
1.22	1.25	1.26	1.70	1.67
2.66	2.67	2.65	2.67	2.67
1.17	1.14	1.10	0.57	0.60
26.09	26.19	26.00	26.19	26.19
53.98	53.17	52.42	36.45	37.42
28.77	28.77	28.27	34.99	35.52

A. Menghitung Daya Dukung Ujung (*end Bearing*) Metode Janbu.

$$\text{Dimensi tiang (D)} = 25 \times 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang pancang (p)} &= 4 \times 25 \text{ cm} \\ &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (Ab)} &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \\ &= 625 \text{ cm}^2 = 0,0625 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Nilai } N_{spt} = 30$$

Perhitungan daya dukung ujung data laboratorium metode Janbu :

$$Q_p = A_b \times (c_u \times N_c^* + \sigma' \times N_q^*)$$

dimana :

$$Q_p = \text{Tahanan ujung per satuan luas, ton.}$$

$$A_b = \text{Luas penampang tiang pancang, m}^2.$$

$$c_u = \text{Undrained cohesion, ton/m}^2.$$

$$\sigma' = \text{Tegangan efektif vertikal, ton/m}^2.$$

$$N_c^*, N_q^* = \text{Faktor daya dukung tanah, untuk pondasi dalam.}$$

Menentukan nilai c_u :

$$C_U = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10$$

Maka ;

$$\begin{aligned} CU &= 30 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 200 \text{ Kn/m}^2 = 20 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai σ' (*Tegangan efektif*), dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$\sigma' = \sigma - U$$

dimana :

$$\sigma = \text{Tegangan total kN/m}^2$$

$$U = \text{Tekanan air pori kN/m}^2$$

Untuk mencari komponen-komponen nilai σ dan u akan dijelaskan dengan persamaan berikut:

Persamaan untuk nilai u (tekanan air pori) :

$$\begin{aligned} u &= \gamma_w \cdot z \\ &= 9.81 \times 18 \\ &= 176.58 \text{ kn/m}^3 = 18.01 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Persamaan untuk nilai σ (tegangan total) :

$$\begin{aligned} \sigma &= \gamma \cdot z \\ &= 26.19 \times 18 \\ &= 471.42 \text{ kn/m}^3 = 48.07 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sigma - U \\ &= 48.07 - 18.01 = 30.06 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Selanjutnya ialah menentukan nilai N_c^* dan N_q^* pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2: Faktor Daya Dukung (Das, 2007).

ϕ'	Nc	Nq	N γ	ϕ'	Nc	Nq	N γ
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.4
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41

Nilai ϕ' pada kedalaman 18 m dapat kita lihat pada tabel data lab ialah 35.52 maka untuk mencari nilai Nc* dan Nq* diperlukan interpolasi.

$$\begin{aligned}
 Nc^* &= y_1 + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} (y_2 - y_1) \\
 &= 46.12 + \left(\frac{35.52-35}{36-35} \right) \times (50.59 - 46.12) \\
 &= 48.44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nq^* &= y_1 + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} (y_2 - y_1) \\
 &= 33.3 + \left(\frac{35.52-35}{36-35} \right) \times (37.75 - 33.3) \\
 &= 35.614
 \end{aligned}$$

Maka nilai daya dukung ujung tiang metode janbu yaitu;

$$\begin{aligned}
 Qp &= Ab \times (cu \times Nc^* + \sigma' \times Nq^*) \\
 &= 0.0625 \times (20 \times 48.44 + 30.06 \times 35.614) \\
 &= 127.46 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

B. Menghitung Daya Dukung Gesek (skin friction) Metode Meyerhof 1967.

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot p$$

dimana :

f_i = Tahanan satuan skin friction, ton/m².

L_i = Panjang lapisan tanah, m.

p = Keliling tiang, m.

Q_s = Daya dukung selimut tiang, ton.

Pada tanah non-kohefif :

$$F = K_0 \cdot \sigma_{v'} \cdot \tan \delta$$

dimana :

K_0 = Koefisien tekanan tanah

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

$$= 1 - (\sin 35.52) = 0.419$$

$\sigma_{v'}$ = Tegangan vertikal efektif tanah, ton/m².

$$\sigma_{v'} = \gamma \cdot L'$$

$$L' = 15D$$

$$= 15 (0.25) = 3.75$$

D = Diameter

$$\sigma_{v'} = 26.19 \times 3.75$$

$$= 98.21 \text{ kn/m}^3 = 10.01 \text{ t/m}^3$$

$$\delta = 0,8 \cdot \phi$$

$$= 0.8 (35.52) = 28.416$$

$$F = K_0 \cdot \sigma_{v'} \cdot \tan \delta$$

$$= 0.419 \times 10.01 \times (\tan 28.416)$$

$$= 2.269 \text{ t/m}^2$$

Maka daya dukung selimut tiang diperoleh;

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot p$$

$$= 2.269 \times 18 \times 1$$

$$= 40.84 \text{ ton}$$

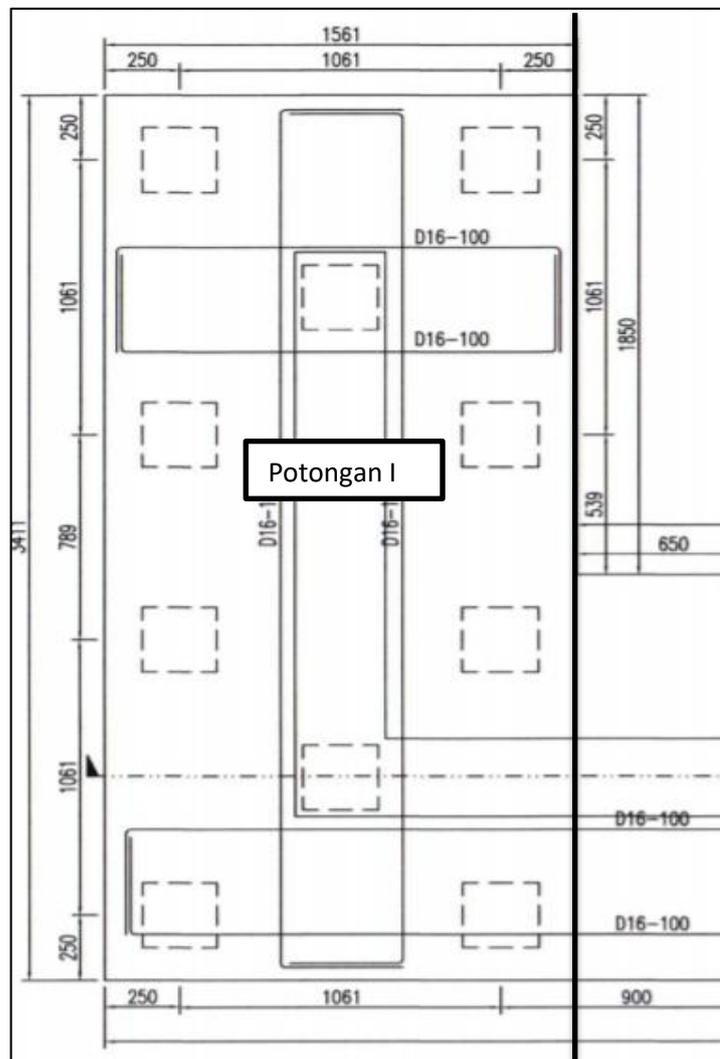
Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Janbu dan Meyerhof 1967, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 127.46 + 40.84 \\ &= 168.302 \text{ ton.} \end{aligned}$$

4.3.2. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.

A. Menghitung Efisiensi Kelompok Tiang.

➤ Potongan Gambar I



Gambar 4.1: Potongan gambar 1.

-Berikut adalah metode menurut *Converse Labarre Formula* yang digunakan dalam perhitungan :

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

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

m = Jumlah baris tiang.

n = Jumlah tiang dalam satu baris.

θ = \tan^{-1} dalam derajat.

s = Jarak pusat ke pusat tiang.

d = Diameter tiang.

Data teknis pile cap ;

Type pile = Concrete Pile

Dimensi (d) = 0.25m x 0.25 m

Area = 0.0625 m²

Parimeter = 1 m

Jarak ke pusat tiang (s) = 1.061 m

Θ (arc tgn d/s) = arc tgn (0.25/1.061)
= 13.26

Jumlah baris (m) = 6

Jumlah tiang 1 baris (n) = 2

Maka ;

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \\ &= 1 - 13.26 \frac{(2-1)6 + (6-1)2}{90 \times 6 \times 2} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

- Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

dimana :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

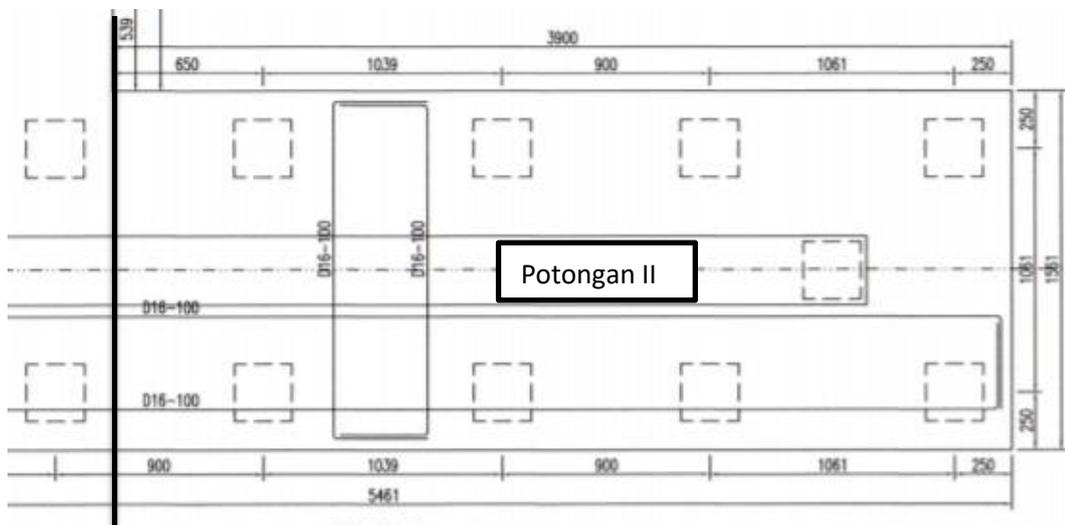
n = Jumlah tiang dalam kelompok.

Q_a = Beban maksimum tiang tunggal.

Tabel 4.3: Tabel daya dukung ultimate kelompok tiang potongan I.

Metode	Q_{ult} (ton)	Q_{all} (Ton)	E_g	n	Q_g (Ton)
Meyerhof 1956	183	73.20	0.80	10	585.60
L.Decourt 1982	169.58	67.83	0.80	10	542.66
Janbu	169.55	67.82	0.80	10	542.56

➤ Potongan Gambar II



Gambar 4.2: Potongan gambar 2.

-Berikut adalah metode menurut *Converse Labarre Formula* yang digunakan dalam perhitungan :

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

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

m = Jumlah baris tiang.

n = Jumlah tiang dalam satu baris.

θ = \tan^{-1} dalam derajat.

s = Jarak pusat ke pusat tiang.

d = Diameter tiang.

Data teknis pile cap ;

Type pile = Concrete Pile

Dimensi (d) = 0.25m x 0.25 m

Area = 0.0625 m²

Parimeter = 1 m

Jarak ke pusat tiang (s) = 0.90 m

Θ (arc tgn d/s) = arc tgn (0.25/0.90)
= 15.52

Jumlah baris (m) = 2

Jumlah tiang 1 baris (n) = 4

Maka ;

$$E_g = 1 - \frac{\theta (n-1) m + (m-1) n}{90 m.n}$$
$$= 1 - \frac{15.52 (4-1) 2 + (2-1) 4}{90 \times 2 \times 4}$$
$$= 0.78$$

- Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

dimana :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

E_g = Efisiensi kelompok tiang.

n = Jumlah tiang dalam kelompok.

Q_a = Beban maksimum tiang tunggal.

Tabel 4.4: Tabel daya dukung ultimate kelompok tiang potongan II.

Metode	Q_{ult} (ton)	Q_{all} (Ton)	E_g	n	Q_g (Ton)
Meyerhof 1956	183	73.20	0.78	9	513.86
L.Decourt 1982	169.58	67.83	0.78	9	576.18
Janbu	169.55	67.82	0.78	9	576.10

Maka diperoleh daya dukung group tiang dari potongan I dan II yaitu;

Tabel 4.5: daya dukung group pc 21.

Metode	Potongan Q_g I (ton)	Potongan Q_g II (ton)	Q_g Total (ton)
Meyerhof 1956	585.60	513.86	1099.46
L.Decourt 1982	542.66	466.18	1008.84
Janbu	542.56	476.10	1018.66

4.3.3. Menghitung Penurunan (*Settlement*).

4.3.3.1. Penurunan Pada Tiang Tunggal Metode Vesic.

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*Settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori atau air didalam tanah tersebut.

Diketahui :

$$Q = 340.91 \text{ KN}$$

$$= 34.77 \text{ Ton}$$

$$\alpha = 0.50$$

$$D = 0.25 \text{ m}$$

$$A_p = 0.0625 \text{ m}^2$$

$$P = 1 \text{ m}$$

$$L = 18 \text{ m}$$

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{25} = 23500 \text{ mpa} = 2396295 \text{ T/m}^2$$

Rumus perhitungan tiang tunggal :

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

Dimana :

Q = Beban kerja tiang

D = Diameter tiang

L = Panjang tiang.

Ab = Luas ujung tiang bawah.

Eb = Modulus elastisitas material tiang.

$\alpha = 0,5$ untuk distribusi gesekan seragam atau parabolic sepanjang tiang.

$\alpha = 0,3$ untuk distribusi gesekan berbentuk segitiga.

S = Penurunan total kepala tiang

Maka selanjutnya kita dapat menghitung nilai penurunan diatas:

$$S = \frac{0.25}{100} + \frac{34.77 \times 18}{0.0625 \times 2396295}$$

$$= 0.007 \text{ m}$$

Jadi penurunan yang terjadi pada kedalaman tiang 18 m berdasarkan persamaan Vesic sebesar 0.7 cm.

4.3.3.2. Penurunan Pada Tiang Kelompok (*Pile Grup*)

Pada hitungan pondasi tiang, kapasitas izin tiang sering lebih didasarkan pada persyaratan penurunan. Penurunan tiang terutama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung pertiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung tiang, penurunan yang terjadi mungkin sangat kecil. Penurunan kelompok tiang umumnya lebih besar daripada pondasi tiang tunggal, karena pengaruh tegangan pada area yang lebih luas dan lebih dalam.

Vesic (1977) memberikan formula sederhana sebagai berikut:

$$S_g = S \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

Dimana,

S = Penurunan pondasi tiang tunggal

Sg = Penurunan kelompok tiang

Bg = Lebar kelompok tiang

D = Diameter atau sisi kelompok tiang

Maka;

$$\begin{aligned} S_g &= 0.007 \sqrt{\frac{1.561}{0.25}} \\ &= 0.016 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.3.3. Penurunan Yang Diijinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkai (*creep*). Oleh karena itu, dengan alasan tersebut, kriteria penurunan pondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda.

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu:

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

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

Dimana ;

D = Diameter Tiang

$$S_{ijin} = 10\% \cdot D$$

$$= 10\% \times 0.25$$

$$= 0.025 \text{ m}$$

Tabel 4.6: Batas Penurunan Yang Diizinkan (W.C. Teng).

No	Jenis Bangunan	Penurunan maksimum (cm)
1	Bangunan Umum	2.54
2	Bangunan Pabrik	3.81
3	Bangunan Gudang	5.08
4	Pondasi Mesin	0.05

4.3.4. Menghitung Daya Dukung Lateral (Metode Broms)

Beban lateral merupakan beban yang memiliki arah horizontal. Beban–beban yang memiliki arah horizontal contohnya adalah beban angin, beban gempa, tekanan arah lateral, beban hampasan ombak atau kapal pada sisi struktur bangunan, dan lain-lain.

Beban lateral yang diterima oleh fondasi tiang akan bergantung pada struktur bangunan yang akan meneruskan gaya lateral yang diterima ke kolom bagian paling bawah dari upper struktur dan diteruskan pada kelompok tiang fondasi.

4.3.4.1. Untuk Tiang Ujung Bebas Dianggap Seperti Tiang Panjang.

Metode perhitungan ini menggunakan diagram tekanan tanah yang disederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang reaksi atau tahanan tanah mencapai nilai ultimate. Berikut ini adalah beberapa keuntungan menggunakan metode Broms:

- c. Dapat digunakan pada tiang panjang maupun tiang pendek.
- d. Dapat digunakan pada kondisi kepala tiang terjepit maupun bebas.

Broms membedakan antara perilaku tiang pendek (kaku) dan panjang (elastis) serta membedakan kondisi kepala tiang dalam keadaan bebas (*free head*) dan kepala tiang terjepit (*fixed head*).

Adapun data-data yang digunakan sebagai berikut:

Dimensi tiang pancang (D)	= 25 x 25 cm
Panjang tiang pancang (L)	= 1800 cm
Mutu Beton tiang pancang ($f'c$)	= 25 Mpa = 250 kg/cm ²
Jarak horizontal diatas tanah (e)	= 0
Modulus Elastis tiang pancang (E_p)	= $4700 \sqrt{25} = 23500$ Mpa = 235000 kg/cm ²
Momen inersia tiang pancang (I_p)	= $1/12 \times 25 \times 25^3 = 32552.08$ cm ⁴
Kuat lentur beban tiang (σ_t)/(fb)	= $0.4 \times f'c = 0.4 \times 250 = 100$ kg/cm ²
Nilai kohesi rata-rata (cu)	= $2/3 \times 10 \times N_{spt}$

Tabel 4.7: Nilai Cu rata-rata.

Kedalaman	SPT	Cu (Kn/m ²)
1.00	5	33.33
2.00	8	53.33
3.00	8	53.33
4.00	3	20.00
6.00	4	26.67
8.00	7	46.67
10.00	9	60.00
12.00	9	60.00
14.00	8	53.33
16.00	28	186.67
18.00	30	200.00
Cu rata-rata		72.12
		= 0.72 kg/cm ²

Berikut merupakan tabel K1 menurut Terzaghi (1955):

Tabel 4.8: Reaksi Subgrade Menurut Terzaghi (1955).

Konsistensi	Kaku	Sangat kaku	keras
Kohesi Undrained (CU) KN/m ²	100-200	200-400	>400
k1 (MN/m ³)	18-36	2 - 72.	>72
K1 direkomendasikan	27	54	>108

Dipakai K1 = 27 Mn/m² = 2.7 kg/cm³

➤ Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut Broms adalah sebagai berikut:

$$\beta = \left(\frac{k_h \cdot d}{4 \cdot E_p \cdot I_p} \right)^{1/4}$$

$$k_h = \left(\frac{k_1}{1.5} \right) = \left(\frac{2.7}{1.5} \right) = 1.8 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \left(\frac{1.8 \times 25}{4 \times 235000 \times 32552.08} \right)^{1/4}$$

$$= 0.00619 \text{ cm}$$

$$\beta L = 0.00619 \times 18000 = 11.15$$

Syarat penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$
- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Berdasarkan persyaratan diatas berarti tiang termasuk dalam:

- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

1. Menghitung Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal.

a. Metode Broms

➤ Mencari Nilai M-max 1 Buah Tiang Pancang, Tahanan Momen.

$$W = \frac{IP}{d/2} = \frac{32552.08}{25/2} = 2604.17 \text{ cm}^3$$

Momen Maximum tiang:

$$\begin{aligned} (My) &= Fb \cdot w \\ &= 100 \times 2604.17 \\ &= 260416.67 \text{ Kg.cm (Persamaan 1)} \end{aligned}$$

➤ Menentukan Nilai HU

$$Hu = \frac{My}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot f}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{HU}{9 \cdot Cu \cdot D} \\ &= \frac{HU}{9 \times 0.72 \times 25} \\ &= \frac{HU}{162} \\ &= Hu \times \frac{1}{162} \\ &= 0.00617 \times Hu \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
Hu &= \frac{My}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot f} \\
&= \frac{260416.67}{0 + 3 \cdot \frac{25}{2} + \frac{1}{2} (0.00617 \times Hu)} \\
Hu (37.5 + 0.00309 \times Hu) &= 260416.67 \\
37.5 \times Hu + 0.00309 \times Hu^2 - 260416.67 &= 0 \\
\frac{[0.00309 \times Hu^2 + 37.5 \times Hu - 260416.67]}{0.00309} &= 0 \\
Hu^2 + 12135.92 \times Hu - 84277239.48 &= 0
\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menentukan nilai Hu, maka gunakan rumus abc (akar persamaan kuadrat):

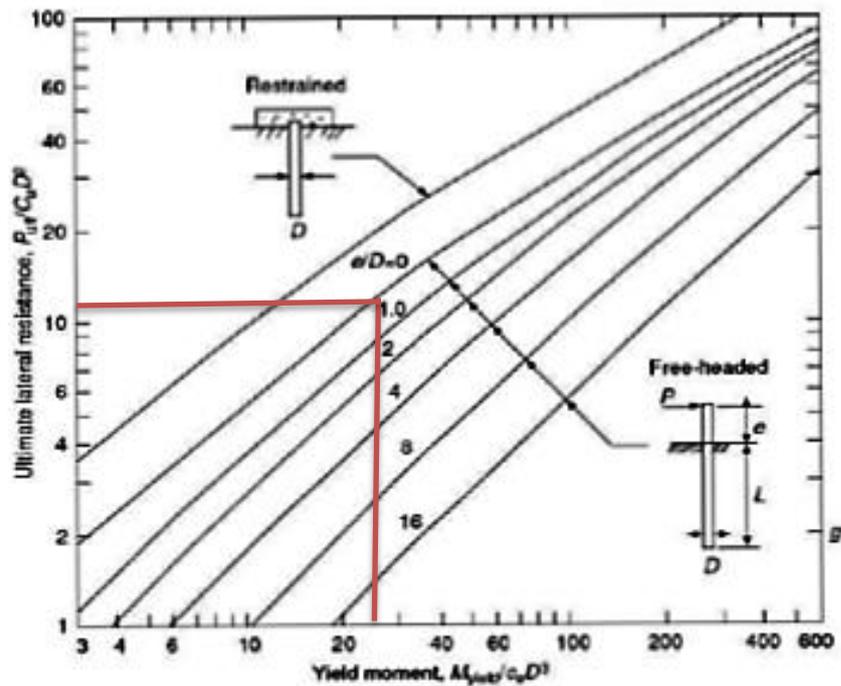
$$\begin{aligned}
x &= \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4 \cdot ac)}}{2 \cdot a} \\
Hu &= \frac{-12135.92 \pm \sqrt{((12135.92)^2 - 4 \times 1 \times (-84277239.48))}}{2 \times 1} \\
Hu_1 &= \frac{-12135.92 + \sqrt{((12135.92)^2 - 4 \times 1 \times (-84277239.48))}}{2 \times 1} \\
Hu_1 &= 4936.47 \text{ Kg (Nilai Hu yang digunakan)} \\
Hu_2 &= \frac{-12135.92 - \sqrt{((12135.92)^2 - 4 \times 1 \times (-84277239.48))}}{2 \times 1} \\
Hu_2 &= -17072.38 \text{ Kg.}
\end{aligned}$$

b. Metode Grafik

Nilai Hu juga dapat dihitung dengan menggunakan grafik broms 1964 seperti pada gambar, berikut merupakan tahanan lateral tiang pancang:

Momen Max (My) = 260416.67 kg.cm

$$\frac{My}{Cu \cdot b^3} = \frac{260416.67}{0.72 \times 25^3} = 23.15$$



Gambar 4.3: Grafik Broms.

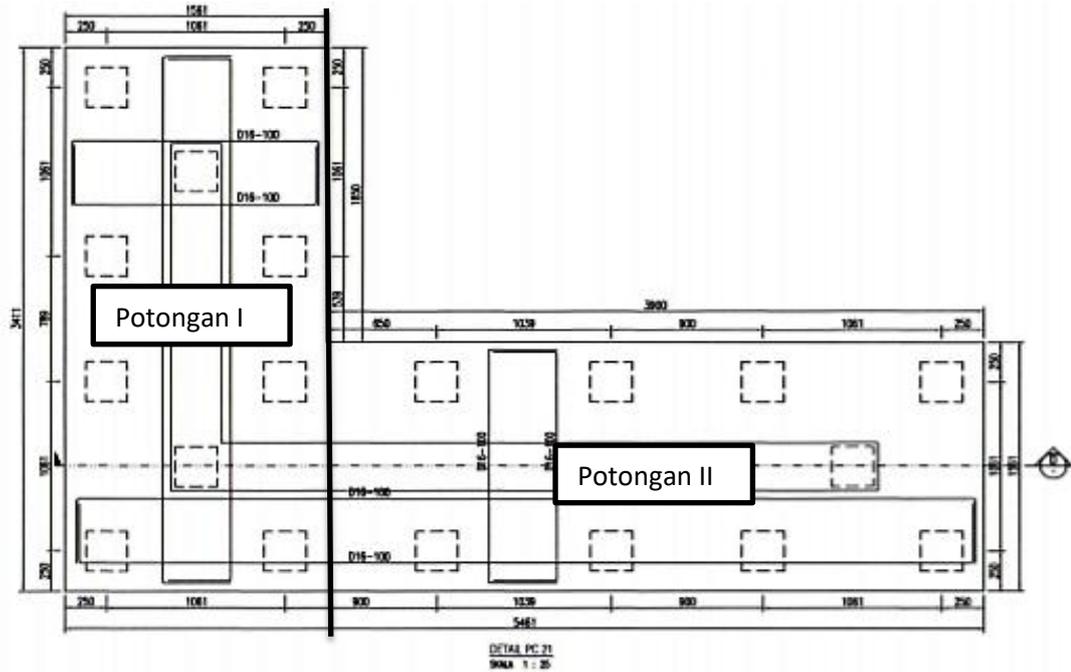
$$\frac{H_u}{C_u \cdot b^2} = 11 \text{ (dari grafik)}$$

$$\begin{aligned} H_u &= 11 \times C_u \times b^2 \\ &= 11 \times 0.72 \times 25^2 \\ &= 4950 \text{ kg} \end{aligned}$$

Terdapat selisih tahanan lateral ultimate (H_u) metode Broms cara perhitungan analitis yaitu sebesar 4936.47 kg dengan perhitungan menggunakan grafik yaitu sebesar 4950 kg. Hal ini karena kurang telitinya dalam melihat nilai grafik, namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda.

2. Menghitung Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang Metode Grafik.

Taksiran kapasitas tahanan lateral maksimum pondasi tiang ini digunakan metode Reese et al. Kapasitas pondasi tiang group dipengaruhi jumlah dan jarak spasi tiang group serta dipengaruhi factor reduksi berdasarkan jarak spasi. Nilai factor reduksi dapat dilihat pada Gambar 4.4;

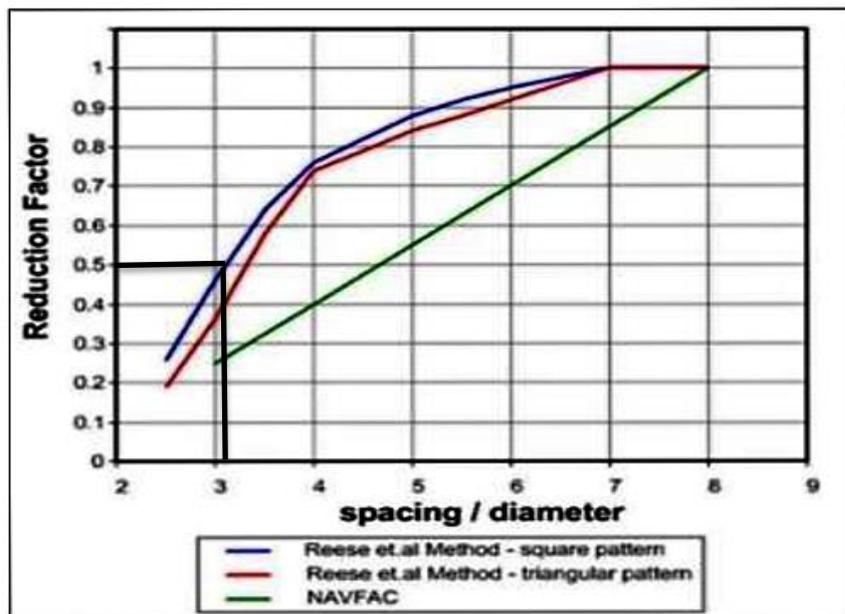


Gambar 4.4: Gambar Potongan PC 21.

a. Daya dukung lateral kelompok tiang potongan gambar I.

$$Q (\text{group}) = n \times Q (\text{Single, reduce})$$

Analisa kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan spasi (3.24.D) :



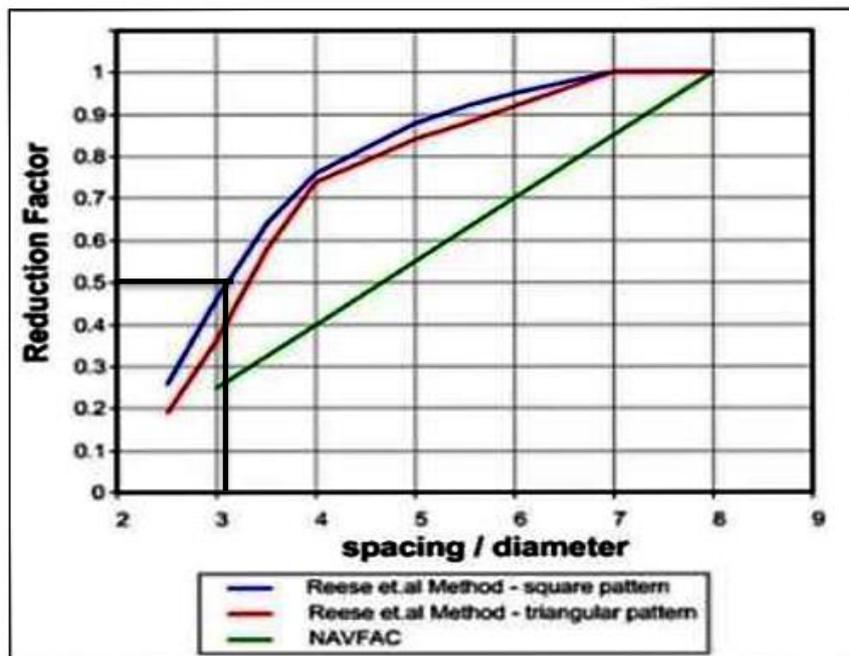
Gambar 4.5: Nilai reduce factor pada spasing/ diameter 3.24. D

$$\begin{aligned}
 \text{Diperoleh } Q (\text{group lateral}) &= n \times Q(\text{single,reduce}) \\
 &= 10 \times 4936.47 \times 0.53 \\
 &= 26163.29 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

b. Daya dukung lateral kelompok tiang potongan gambar II.

$$Q (\text{group}) = n \times Q (\text{Single, reduce})$$

Analisa kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan spasi (3.156.D) karena bentuk tiang persegi maka digunakan Square pattern:



Gambar 4.6: Nilai reduce factor pada spasing/ diameter 3.156. D

$$\begin{aligned}
 \text{Diperoleh } Q (\text{group lateral}) &= n \times Q(\text{single,reduce}) \\
 &= 9 \times 4936.47 \times 0.5 \\
 &= 22214.12 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

4.3.4.2.Untuk Tiang Ujung Jepit Dianggap Seperti Tiang Panjang.

Adapun data-data yang digunakan sebagai berikut:

- Dimensi tiang pancang (D) = 25 x 25 cm
- Panjang tiang pancang (L) = 1800 cm
- Mutu Beton tiang pancang (f'c) = 25 Mpa = 250 kg/cm⁴
- Jarak horizontal diatas tanah (e) = 0

$$\text{Modulus Elastis tiang pancang (Ep)} = 4700 \sqrt{25} = 23500 \text{ Mpa} = 235000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Momen inersia tiang pancang (Ip)} = 1/12 \times 25 \times 25^3 = 32552.08 \text{ cm}^4$$

$$\text{Kuat lentur beban tiang } (\sigma_{lt})/(\text{fb}) = 0.4 \times f'_c = 0.4 \times 250 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Nilai kohesi rata-rata (cu)} = 2/3 \times 10 \times \text{Nspt}$$

Tabel 4.9: Nilai Cu Rata-Rata.

Kedalaman	SPT	Cu (Kn/m ²)
1.00	5	33.33
2.00	8	53.33
3.00	8	53.33
4.00	3	20.00
6.00	4	26.67
8.00	7	46.67
10.00	9	60.00
12.00	9	60.00
14.00	8	53.33
16.00	28	186.67
18.00	30	200.00
Cu rata-rata		72.12

$$= 0.72 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{K1 (Modulus reaksi subgrade)} =$$

Tabel 4.10: Reaksi Subgrade Menurut Terzaghi (1955).

Konsistensi	Kaku	Sangat kaku	keras
Kohesi Undrained (CU) KN/m ²	100-200	200-400	>400
k1 (MN/m ³)	18-36	2 - 72.	>72
K1 direkomendasikan	27	54	>108

$$\text{Dipakai K1} = 27 \text{ Mn/m}^2 = 2.7 \text{ kg/cm}^3$$

➤ Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut Broms adalah sebagai berikut:

$$\beta = \left(\frac{k_h \cdot d}{4 \cdot E_p \cdot I_p} \right)^{1/4}$$

$$K_h = \left(\frac{k_l}{1.5} \right) = \left(\frac{2.7}{1.5} \right) = 1.8 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \left(\frac{1.8 \times 25}{4 \times 235000 \times 32552.08} \right)^{1/4}$$

$$= 0.00619 \text{ cm}$$

$$\beta L = 0.00619 \times 18000 = 11.15$$

Syarat penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$
- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Berdasarkan persyaratan diatas berarti tiang termasuk dalam:

- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

1. Menghitung Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal.

a. Metode Broms

➤ Mencari Nilai M-max 1 Buah Tiang Pancang, Tahanan Momen.

$$W = \frac{I_p}{d/2} = \frac{32552.08}{25/2} = 2604.17 \text{ cm}^3$$

Momen Maximum tiang:

$$(M_y) = F_b \cdot w$$

$$= 100 \times 2604.17$$

$$= 260416.67 \text{ Kg.cm (Persamaan 1)}$$

➤ Menentukan Nilai HU

$$H_u = \frac{2 \cdot M_y}{1.5 \cdot b + \frac{1}{2} \cdot f}$$

$$F = \frac{H_u}{9 \cdot C_u \cdot D}$$

$$= \frac{H_u}{9 \times 0.72 \times 25}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{HU}{162} \\
&= Hu \times \frac{1}{162} \\
&= 0.00617 \times Hu
\end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
Hu &= \frac{2.My}{1.5 \cdot b + \frac{1}{2} \cdot f} \\
&= \frac{2 \times 260416.67}{1.5 (25) + \frac{1}{2} (0.00617 \times Hu)} \\
Hu (37.5 + 0.00309 \times Hu) &= 520833.33 \\
37.5 \times Hu + 0.00309 \times Hu^2 - 520833.33 &= 0 \\
\frac{[0.00309 \times Hu^2 + 37.5 \times Hu - 520833.33]}{0.00309} &= 0 \\
Hu^2 + 12135.92 \times Hu - 168554475.7 &= 0
\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menentukan nilai Hu, maka gunakan rumus abc (akar persamaan kuadrat):

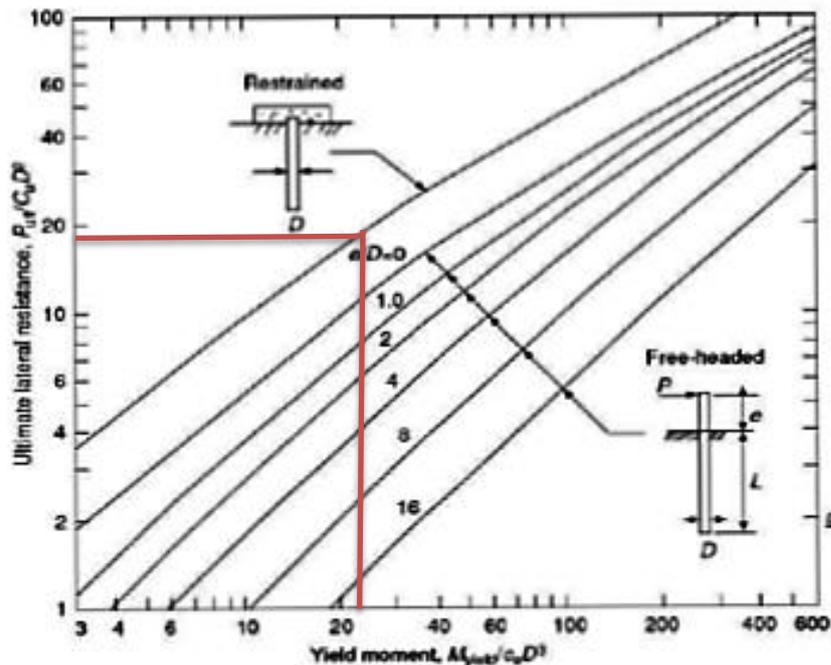
$$\begin{aligned}
x &= \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 - 4 \cdot ac)}}{2 \cdot a} \\
Hu &= \frac{-12135.92 \pm \sqrt{((12135.92)^2 - 4 \times 1 \times (-168554475.7))}}{2 \times 1} \\
Hu_1 &= \frac{-12135.92 + \sqrt{((12135.92)^2 - 4 \times 1 \times (-168554475.7))}}{2 \times 1} \\
Hu_1 &= 8262.973 \text{ Kg (Nilai Hu yang digunakan)} \\
Hu_2 &= \frac{-12135.92 - \sqrt{((12135.92)^2 - 4 \times 1 \times (-168554475.7))}}{2 \times 1} \\
Hu_2 &= -20398.85 \text{ Kg.}
\end{aligned}$$

b. Metode Grafik Broms

Nilai Hu juga dapat dihitung dengan menggunakan grafik broms 1964 seperti pada gambar, berikut merupakan tahanan lateral tiang pancang:

Momen Max (My) = 260416.67 kg.cm

$$\frac{My}{Cu \cdot b^3} = \frac{260416.67}{0.72 \times 25^3} = 23.15$$



Gambar 4.7: Grafil Lateral Broms.

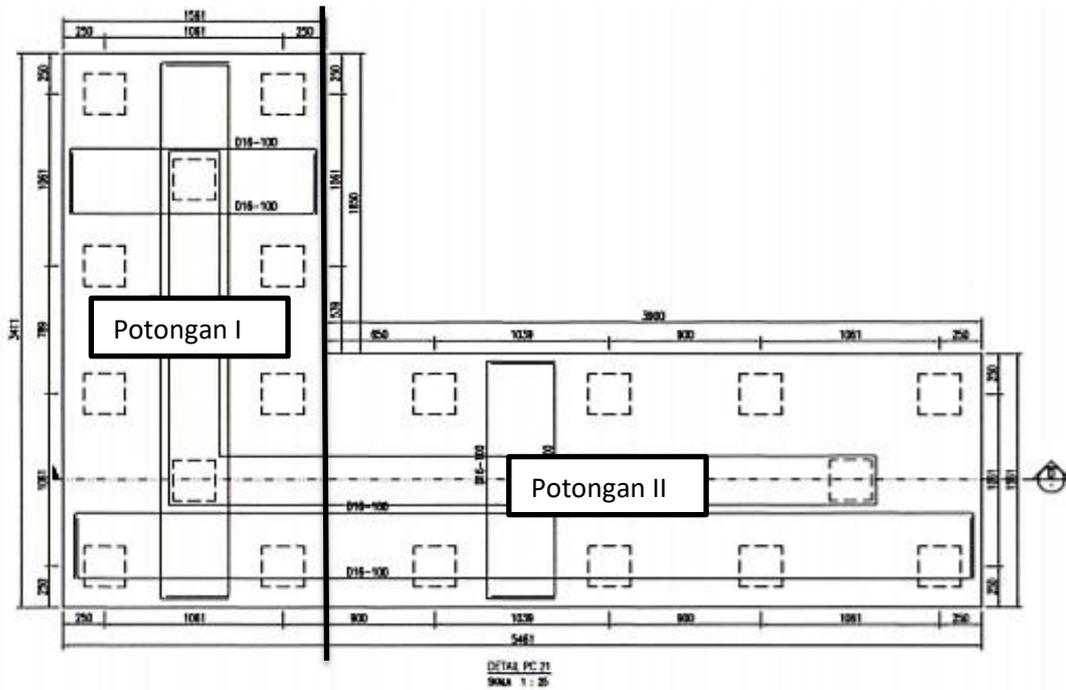
$$\frac{H_u}{C_u \cdot b^2} = 18 \text{ (dari grafik)}$$

$$\begin{aligned} H_u &= 18 \times C_u \times b^2 \\ &= 18 \times 0.72 \times 25^2 \\ &= 8100 \text{ kg} \end{aligned}$$

Terdapat selisih tahanan lateral ultimate (H_u) metode Broms cara perhitungan analitis yaitu sebesar 8262.97 kg dengan perhitungan menggunakan grafik yaitu sebesar 8100 kg. Hal ini karena kurang telitnya dalam melihat nilai grafik, namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda.

2. Menghitung Daya Dukung Lateral Kelompok Tiang Metode Grafik.

Taksiran kapasitas tahanan lateral maksimum pondasi tiang ini digunakan metode Reese et al. Kapasitas pondasi tiang group dipengaruhi jumlah dan jarak spasi tiang group serta dipengaruhi factor reduksi berdasarkan jarak spasi. Nilai factor reduksi dapat dilihat pada gambar berikut;

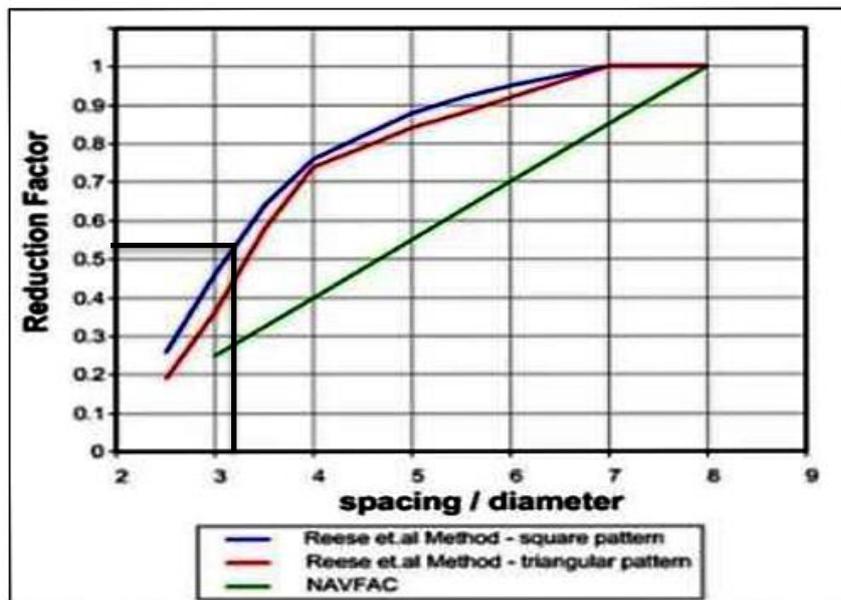


Gambar 4.8: Potongan Pile cap 21.

a. Daya dukung lateral kelompok tiang potongan gambar I.

$$Q (\text{group}) = n \times Q (\text{Single, reduce})$$

Analisa kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan spasi (3.24.D) karena bentuk tiang persegi maka digunakan Square pattern:



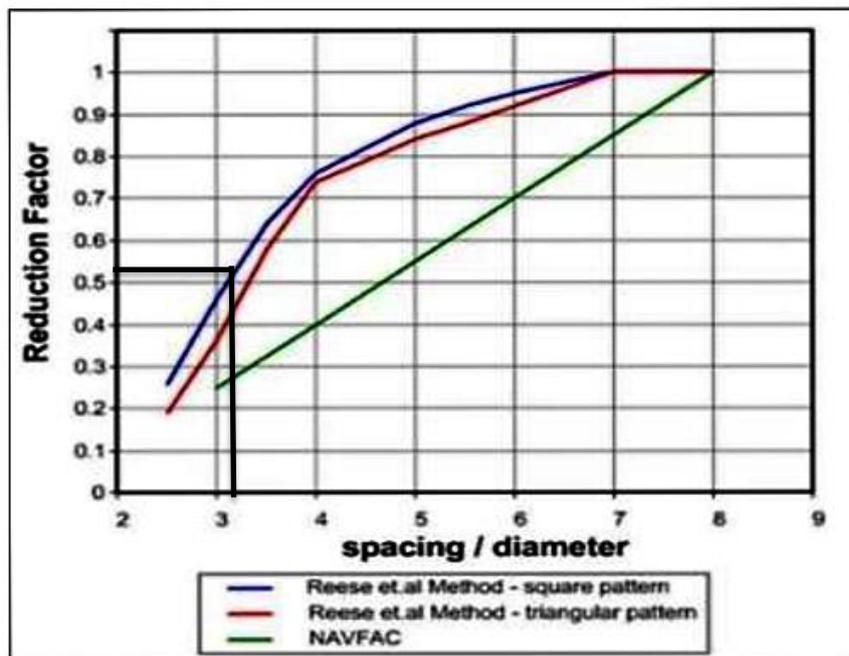
Gambar 4.9: Nilai reduce factor pada spacing/ diameter 3.24. D.

$$\begin{aligned}
 \text{Diperoleh } Q (\text{group lateral}) &= n \times Q(\text{single,reduce}) \\
 &= 10 \times 8262.937 \times 0.53 \\
 &= 43793.57 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

b. Daya dukung lateral kelompok tiang potongan gambar II.

$$Q (\text{group}) = n \times Q (\text{Single, reduce})$$

Analisa kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan spasi (3.156.D) karena bentuk tiang persegi maka digunakan Square pattern:



Gambar 4.10: Nilai reduce factor pada spasing/ diameter 3.156. D.

$$\begin{aligned}
 \text{Diperoleh } Q (\text{group lateral}) &= n \times Q(\text{single,reduce}) \\
 &= 9 \times 8262.397 \times 0.53 \\
 &= 37183.22 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

4.3.4.3. Defleksi Tiang Menggunakan Metode Bross.

a. Tiang Ujung Bebas Berkelakuan Seperti Tiang Panjang.

Maka defleksi yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut;

$$H : 1800 \text{ cm}$$

$$\beta : 0.00619 \text{ cm}$$

$$K_h : 1.8 \text{ kg/cm}^3$$

D : 25 cm

$$Y_o = \frac{4H. \beta (e.\beta + 1)}{Kh . d}$$

$$Y_o = \frac{4 \times 1800 \times 0.00619 (0 \times 0.00619 + 1)}{1.8 \times 25}$$
$$= 0.99 \text{ cm}$$

Rotasi yang terjadi pada tiang;

$$\Theta = \frac{2H. \beta^2 (1 + 2.e.\beta)}{Kh . d}$$
$$= \frac{2(1800). 0.00619^2 (1 + (2 \times 0 \times 0.00619))}{1.8 \times 25}$$
$$= 0.00297 \text{ cm}$$

b. Tiang Ujung Jepit Berkelakuan Seperti Tiang Panjang.

Maka defleksi yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut;

H : 1800 cm

β : 0.00619 cm

Kh : 1.8 kg/cm³

D : 25 cm

$$Y_o = \frac{H. \beta}{Kh . d . L}$$

$$Y_o = \frac{1800 \times 0.00619}{1.8 \times 25 \times 1800}$$
$$= 0.000138 \text{ cm}$$

Rotasi yang terjadi pada tiang;

Karena tiang berkelakuan seperti jepit maka rotasi yang terjadi diabaikan.

4.4.Hasil Analisis Menggunakan Software

4.4.1.Data Join Reaction Pada PC 21

Struktur komponen, elemen-elemen struktur dan elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut menurut SNI-1726-2019:

1. 1.4 D

2. $1.2 D + 1.6 L$
3. $1.43 D + 1 L + 1.3 E_x + 0.39 E_y$
4. $1.33 D + 1 L + 1.3 E_x - 0.39 E_y$
5. $1.07 D + 1 L - 1.3 E_x + 0.39 E_y$
6. $0.97 D + 1 L - 1.3 E_x - 0.39 E_y$
7. $1.43 D + 1 L + 0.39 E_x + 1.30 E_y$
8. $1.33 D + 1 L - 0.39 E_x + 1.30 E_y$
9. $1.07 D + 1 L + 0.39 E_x - 1.30 E_y$
10. $0.97 D + 1 L - 0.39 E_x - 1.30 E_y$
11. $1.13 D + 1.3 E_x + 0.39 E_y$
12. $1.03 D + 1.3 E_x - 0.39 E_y$
13. $0.77 D - 1.3 E_x + 0.39 E_y$
14. $0.67 D - 1.3 E_x - 0.39 E_y$
15. $1.13 D + 0.39 E_x + 1.3 E_y$
16. $1.03 D - 0.39 E_x + 1.3 E_y$
17. $0.77 D + 0.39 E_x - 1.3 E_y$
18. $0.67 D - 0.39 E_x - 1.3 E_y$

Berdasarkan hasil output aplikasi SAP 2000, diperoleh beban maksimum pada struktur atas pada Pile Cap 21 dapat dilihat pada Tabel 4.11:

Tabel 4.11: Join reaction pada PC 21.

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
253	Envelope	Combination	Max	420.211	803.749	2966.663	104.5969	35.9494	4.0219
253	Envelope	Combination	Min	-393.818	-770.556	-2780.66	-105.163	-33.6715	-3.305
256	Envelope	Combination	Max	120.576	33.538	1419.565	6.1936	20.8139	17.9546
256	Envelope	Combination	Min	-121.376	-32.58	-1331.29	-7.6324	-20.7447	-18.8144
258	Envelope	Combination	Max	565.632	13.08	2139.75	4.2161	17.2325	9.3202
258	Envelope	Combination	Min	-588.077	-12.802	-2050.6	-4.0795	-17.5255	-9.4881
316	Envelope	Combination	Min	-6.43	-523.031	-3855.36	-75.1948	-28.1006	-6.7636
317	Envelope	Combination	Max	0.402	618.097	413.44	0.7825	3.548	3.152

Selain beban struktur atas hasil output SAP 2000, terdapat pula beban tambahan berupa tanah timbunan yang terdapat pada Pondasi Pile Cap, Besarnya beban tanah timbunan berdasarkan berat jenisnya menurut (Hardiyatmo,1992)

;Kerikil, koral spilt = 1.8 ton/m³. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.12:

Tabel 4.12: Beban timbunan pada pilecap.

Jenis Struktur	Luasan (M ²)	Tinggi (M ²)	Volume (m ³)	Berat Jenis tanah timbunan (KN/m ³)
Pile cap I	5.3196	0.6	3.192	56.360
Pile cap II	6.084	0.6	3.650	64.459
Shearwall I	-0.6525	0.6	-0.392	-6.913
Shearwall II	-1.17	0.6	-0.702	-12.40
Total	10	0.6	5.749	101.51

Untuk mendapatkan reaksi pada pile cap 21 maka reaksi hasil output sap 2000 ditambah dengan beban timbunan tanah, maka diperoleh beban yang bekerja pada pilecap 21, dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan 4.14:

Tabel 4.13: Beban Tiang Group Pada Struktur Shearwall.

Join	Output Case	F1	F3	M2	M3
text	text	Kn	Kn	Kn	Kn
253	Envelope		3068.17		
256	Envelope	120.58		20.81	17.95

Tabel 4.14: Beban Tiang Tunggal Pada Struktur Shearwall.

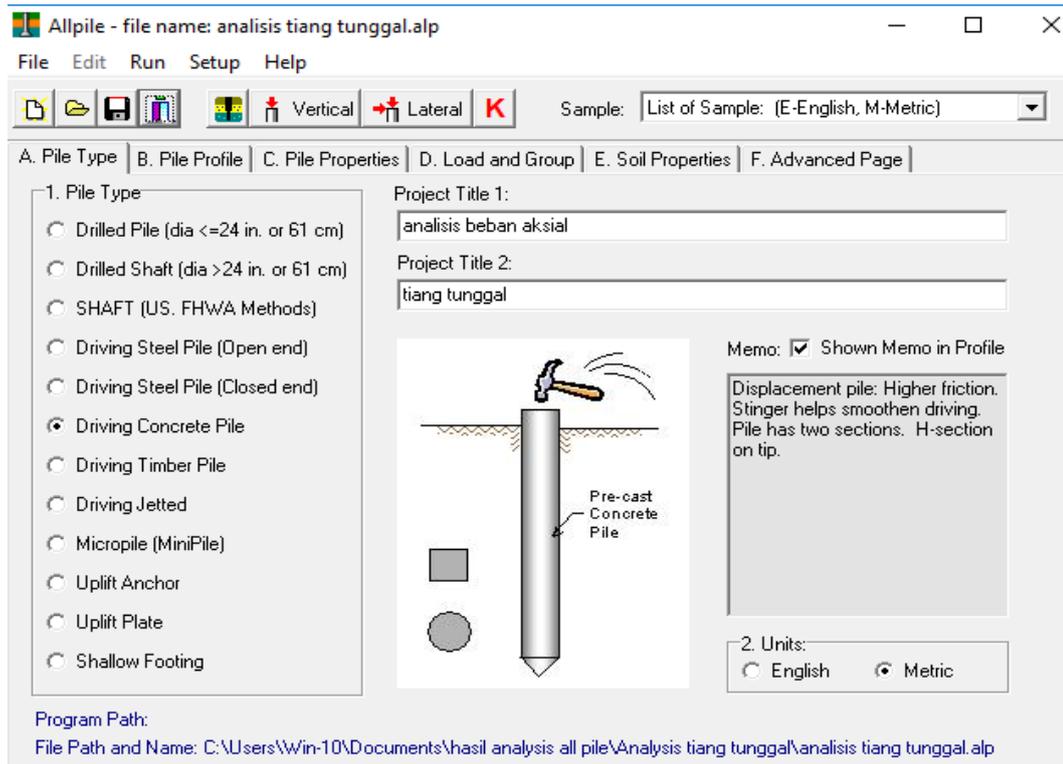
Join	Output Case	F1	F3	M2	M3
text	text	Kn	Kn	Kn	Kn
253	Envelope		340.91		
256	Envelope	13.40		2.31	1.99

4.4.2. Analisa Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Tunggal.

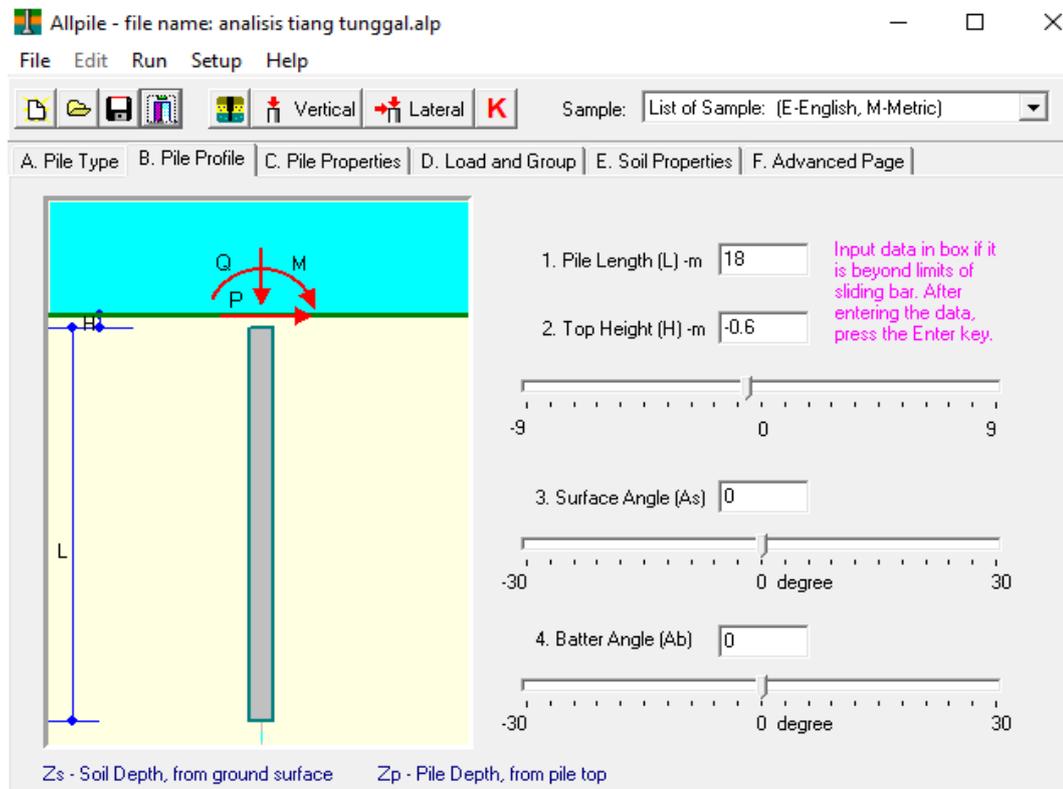
4.4.2.1. Analisa Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal.

Adapun beberapa tahapan dalam menganalisa daya dukung aksial menggunakan software allpile, antara lain sebagai berikut:

- a. Menentukan tipe tiang dan profil tiang.

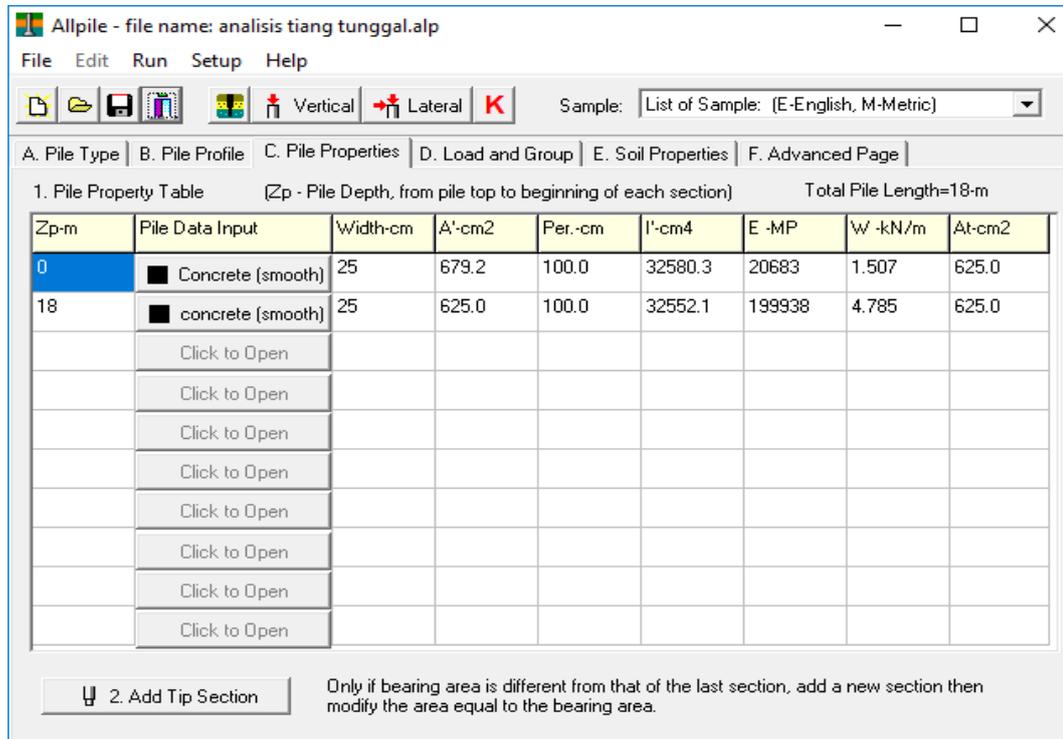


Gambar 4.11: Menentukan tipe tiang yang digunakan.

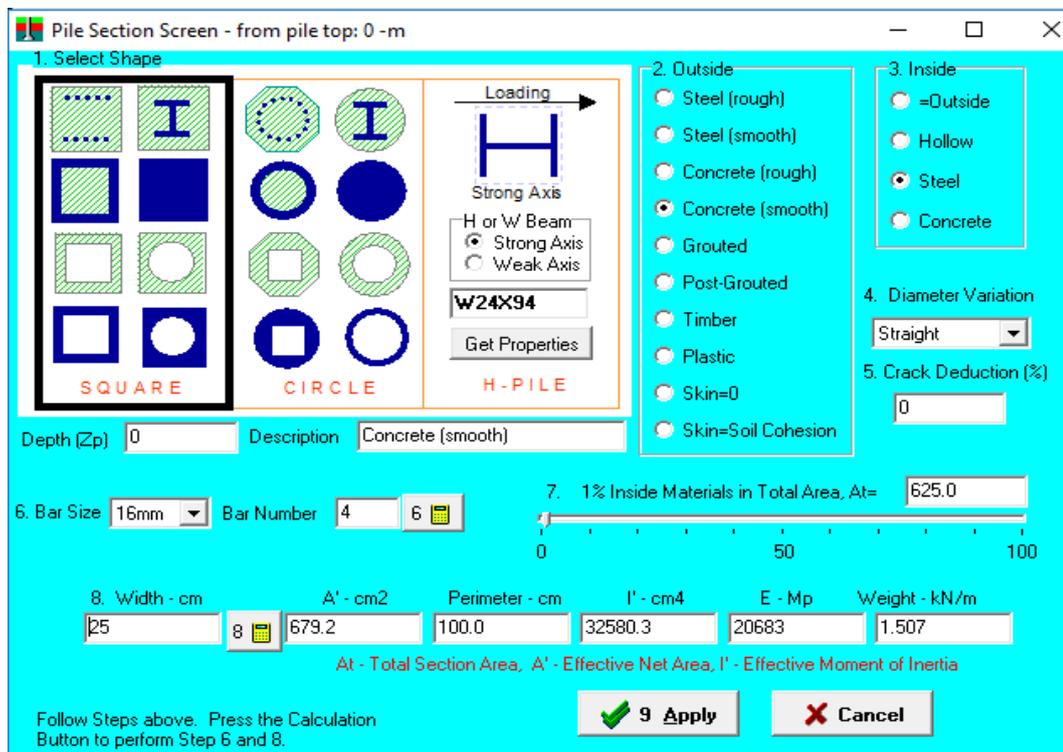


Gambar 4.12: Menentukan pile profil tiang.

b. Menentukan Material tiang dan jenis tulangan yang digunakan.

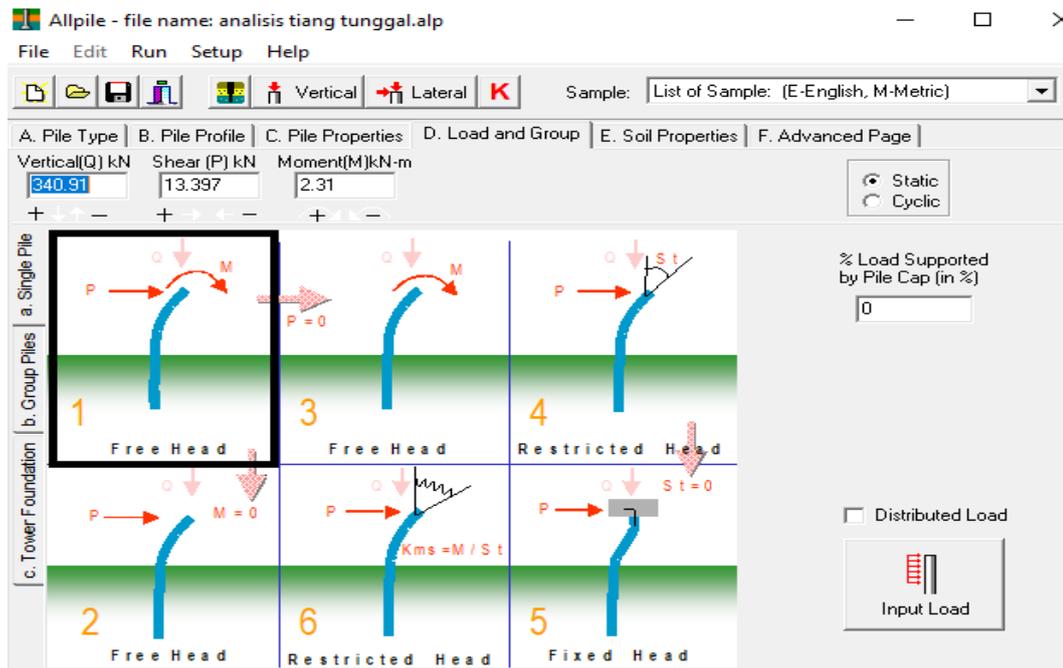


Gambar 4.13: Menentukan pile profil tiang.



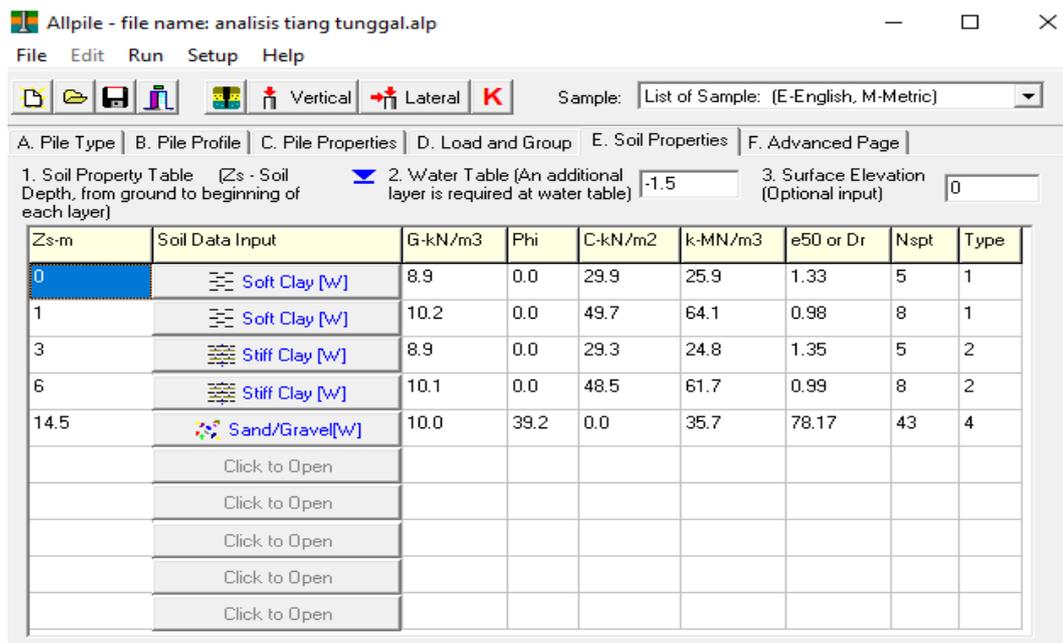
Gambar 4.14: Menentukan material dan pembesian tiang.

c. Menentukan beban join reaction pada tiang tunggal.



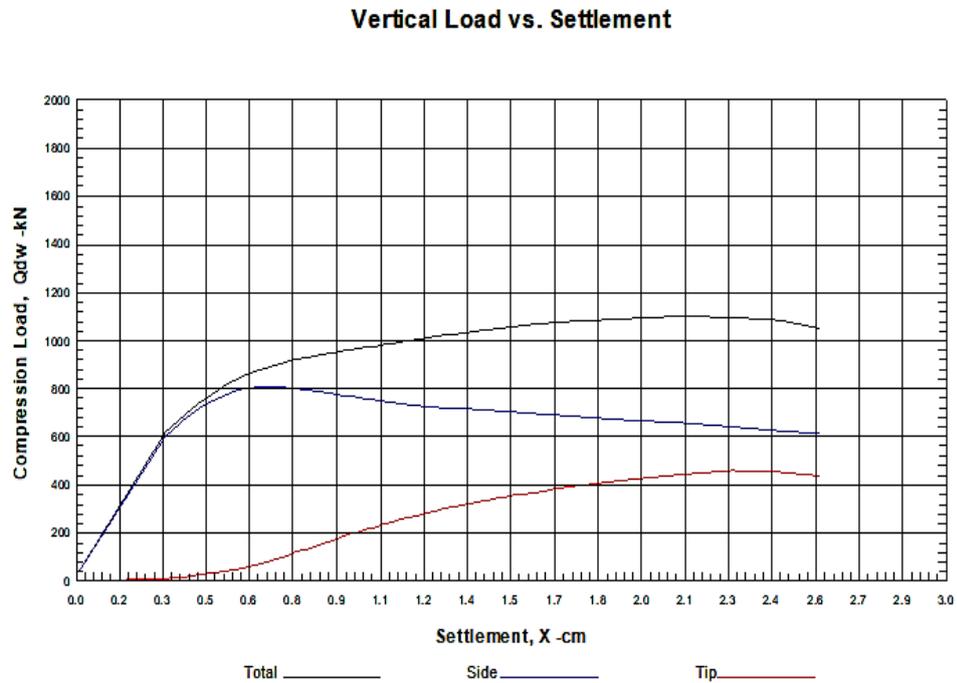
Gambar 4.15: Mengisi beban vertical, horizontal dan momen pada menu load and group.

d. Menentukan jenis tanah dan komponen – komponen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.16:



Gambar 4.16: Menentukan Jenis tanah dan kedalaman muka air tanah.

- e. Hasil analisis grafik perbandingan antara beban yang bekerja pada tiang dengan penurunan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.17:



analisis beban aksial
tiang tunggal

Figure 1

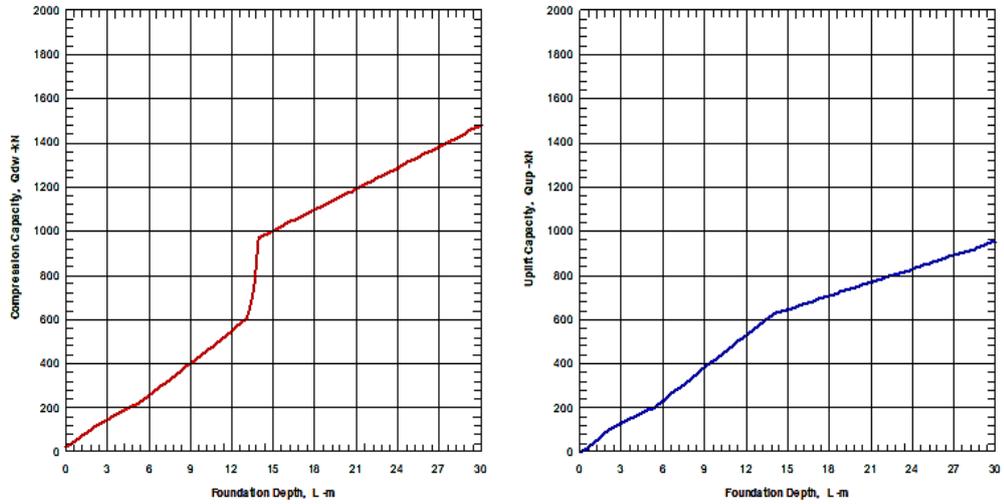
Gambar 4.17: Grafik vertical load Vs Settlement.

Keterangan:

- Total : —————
(Yaitu grafik penurunan total)
- Side : —————
(Yaitu grafik penurunan pada sisi tiang)
- Tip : —————
(Yaitu grafik penurunan pada ujung tiang)

- f. Hasil analisis grafik perbandingan antara daya dukung Ultimate tiang dengan penambahan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 4.18:

ULTIMATE CAPACITY vs FOUNDATION DEPTH



analisis beban aksial
tiang tunggal

Figure 1

Gambar 4.18: Grafik Ultimate capacity Vs Foundation depth.

g. Hasil Summary report software geotek dapat dilihat pada Gambar 4.19:

```

File Edit Format View Help
PILE PROFILE:
  Pile Length, L= 18.0 -m
  Top Height, H= -0.6 -m
  Slope Angle, As= 0
  Batter Angle, Ab= 0.00   Batter Factor, Kbat= 1.00

SINGLE PILE:
  Deduction factor due to Group Effect, R= 1.00
  Vertical Load= 340.91 -kN

Single Pile Vertical Analysis:
  Total Ultimate Capacity (Down)= 1100.505-kN   Total Ultimate Capacity (Up)= 708.334-kN
  Total Allowable Capacity (Down)= 673.934-kN   Total Allowable Capacity (Up)= 356.845-kN
  Weight above Ground= 0.00   Total Weight= 16.07-kN   *Soil Weight is not included
  Side Resistance (Down)= 742.089-kN   Side Resistance (Up)= 692.263-kN
  Tip Resistance (Down)= 358.416-kN   Tip Resistance (Up)= 0.000-kN
  Negative Friction, Qneg= 0.000-kN, which has been subtracted from Total Ultimate Capacity (Down)
  Negative friction does not affect Total Ultimate Capacity (Up)

  At Work Load= 340.91-kN,   Settlement= 0.16651-cm
  At Work Load= 340.91-kN,   Secant Stiffness Kqx= 2047.42-kN/-cm
  At Allowable Settlement= 2.500-cm,   Capacity= 1064.57-kN
  Work Load, 340.91-kN, OK with the Capacity at Allowable Settlement= 2.50-cm, Capacity= 1064.57-kN
  Work Load, 340.91-kN, OK with the Allowable Capacity (Down)= 673.93-kN
    
```

Gambar 4.19: Hasil Summary Report Analisis Allpile.

Keterangan:

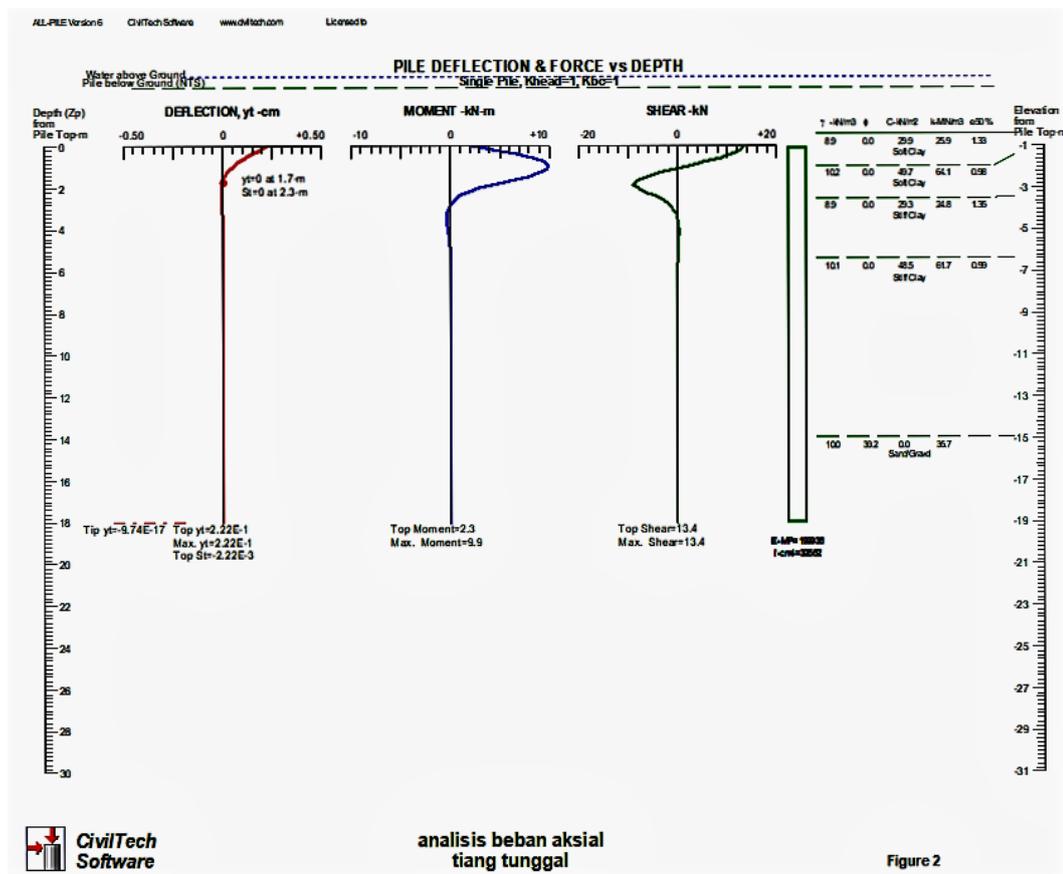
Dari summary report allpile di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Beban Aksial bekerja : 340.91 KN
- Total daya dukung Ultimate : 1064.57 KN
- Daya dukung Iizin : 673.93 KN
- Settlement yang terjadi : 0.16651 Cm
- Penurunan yang diizinkan : 2.5 cm

4.4.2.2. Analisa Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal.

Dalam menganalisis daya dukung lateral tiang tunggal langkah–langkah yang dilakukan sama dengan analisis aksial tiang tunggal, Adapun hasil analisis daya dukung lateral tiang tunggal sebagai berikut:

a. Grafik deflection, momen dan shear dapat dilihat pada Gambar 4.20:



Gambar 4.20: Grafik Pile Deflection And Force Vs Depth.

Keterangan:

- Top deflection : 0.222 cm
- Max deflektion : 0.222 Cm
- Top Momen : 2.3 KN.m
- Max momen : 9.9 KN.m
- Top Shear : 13.4 KN
- Max Shear : 13.4 KN

b. Hasil Sumarry report software geotek dapat dilihat pada Gambar 4.21:

```
File Edit Format View Help
-----
Top Height, H= -0.6 -m
Slope Angle, As= 0
Batter Angle, Ab= 0.00

FACTORS AND CONDITIONS:
Load Factor for Vertical Loads: 1.0    1.0
Load Factor for Lateral Loads: 1.0
Loads Supported by Pile Cap: 0 %
Shear Condition: Static

SINGLE PILE:
Deduction factor due to Group Effect, R= 1.00
Vertical Load= 340.91 -kN
Shear= 13.40 -kN
Moment= 2.31 -kN-m

Results:
Top Deflection, yt= 0.22200-cm
Max. Moment, M= 9.93-kN-m
Top Deflection Slope, St= -0.00222

Top Deflection, 0.2220-cm, OK with the Allowable Deflection= 2.50-cm
```

Gambar 4.21: Hasil Summary Report Analisis Allpile.

Keterangan:

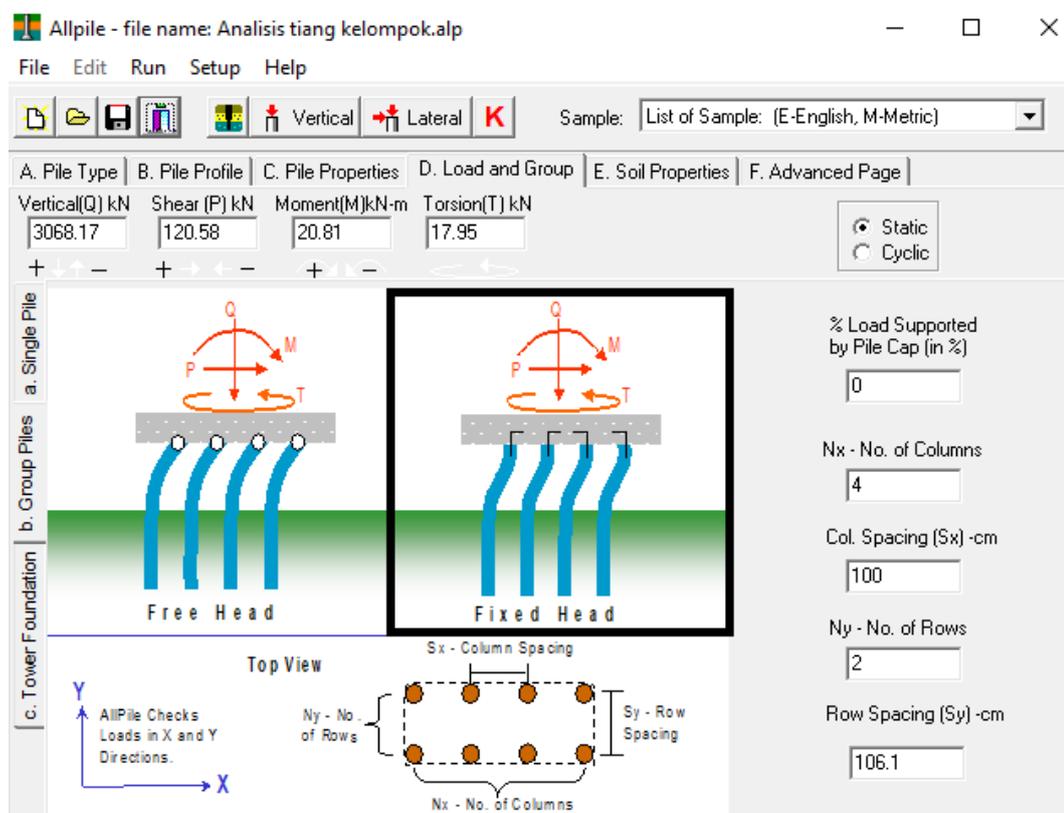
- Top deflection : 0.222 cm
- Max momen : 9.9 KN.m
- Top Shear : 13.4 KN
- Allowable deflection : 2.5 cm

4.4.3. Analisa Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Group.

4.4.3.1. Analisa Daya Dukung Aksial Tiang Group.

Adapun beberapa tahapan dalam menganalisa daya dukung aksial menggunakan software allpile, antara tiang tunggal dan tiang group relatif sama hanya pada saat mengisi form Load and Group yang membedakannya:

a. Menentukan beban aksial, momen, shear and torsion serta konfigurasi tiang group dapat dilihat pada Gambar 4.22:

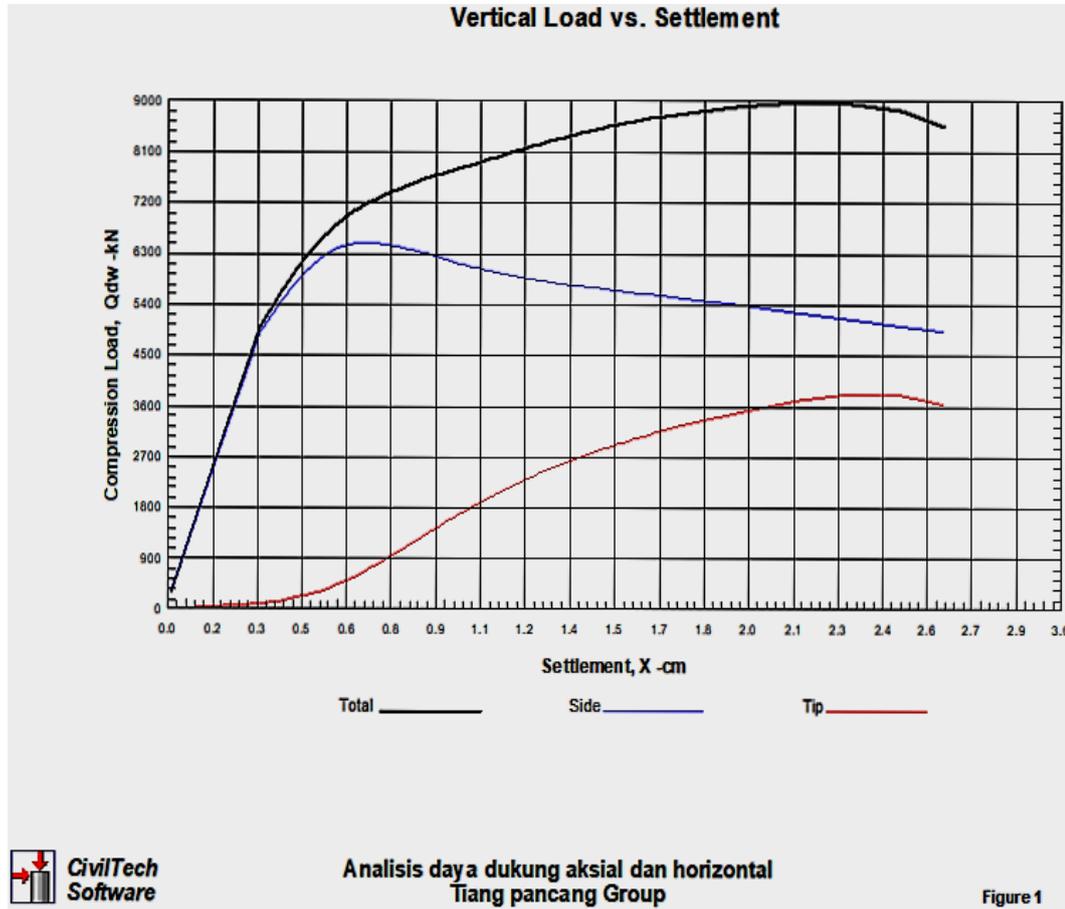


Gambar 4.22: Mengisi beban vertical, horizontal dan momen pada menu load and group.

Keterangan:

- Nx. No of columns : Menentukan jumlah tiang arah x
- Col spacing (Sx) : Jarak spasi kolom arah x.
- Ny. No of columns : Jumlah tiang arah y.
- Col spacing (Sy) : Jarak spasi arah y.

b. Hasil grafik perbandingan antara beban yang bekerja dengan penurunan yang terjadi pada tiang group dapat dilihat pada Gambar 4.23:



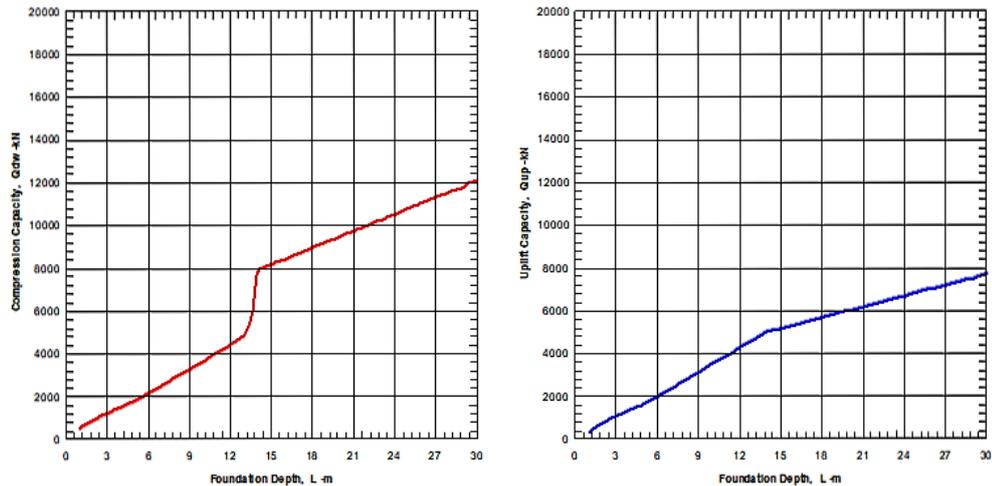
Gambar 4.23: Grafik vertical load Vs Settlement.

Keterangan:

- Total : —————
(Yaitu grafik penurunan total)
- Side : —————
(Yaitu grafik penurunan pada sisi tiang)
- Tip : —————
(Yaitu grafik penurunan pada ujung tiang)

c. Hasil grafik perbandingan antara daya dukung ultimate tiang group dengan penambahan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 4.24:

ULTIMATE CAPACITY vs FOUNDATION DEPTH



Analisis daya dukung aksial dan horizontal
Tiang pancang Group

Figure 1

Gambar 4.24: Grafik Ultimate capacity Vs Foundation depth.

d. Hasil Summary report software geotek dapat dilihat pada Gambar 4.25: .

```

File Edit Format View Help
At Work Load= 383.52-kN, Secant Stiffness Kqx= 2062.77-kN/-cm
At Allowable Settlement= 2.500-cm, Capacity= 1095.71-kN
Work Load, 383.52-kN, OK with the Capacity at Allowable Settlement= 2.50-cm, Capacity= 1095.71-kN
Work Load, 383.52-kN, OK with the Allowable Capacity (Down)= 685.77-kN

2. Group Pile Vertical Analysis (in Group):
Vertical Load= 3068.17 -kN
Results:
Total Ultimate Capacity (Down)= 8979.38-kN, Total Ultimate Capacity (Up)= 5698.32-kN
Total Allowable Capacity (Down)= 4804.72-kN, Total Allowable Capacity (Up)= 2913.44-kN
At Work Load= 3068.17-kN, Settlement= 0.18593-cm
At Work Load= 3068.17-kN Secant Stiffness Kqx= 16502.18-kN/-cm
At Allowable Settlement= 2.500-cm, Capacity= 8765.68-kN
Work Load, 3068.17-kN, OK with the Capacity at Allowable Settlement= 2.50-cm, Capacity= 8765.68-kN
Work Load, 3068.17-kN, OK with the Allowable Capacity (Down)= 4804.72-kN

FACTOR OF SAFETY:
FSSide FStip FSuplif FSweight
1.5 2.0 2.0 1.0

```

Gambar 4.25: Hasil Summary Report Analisis Allpile.

Keterangan:

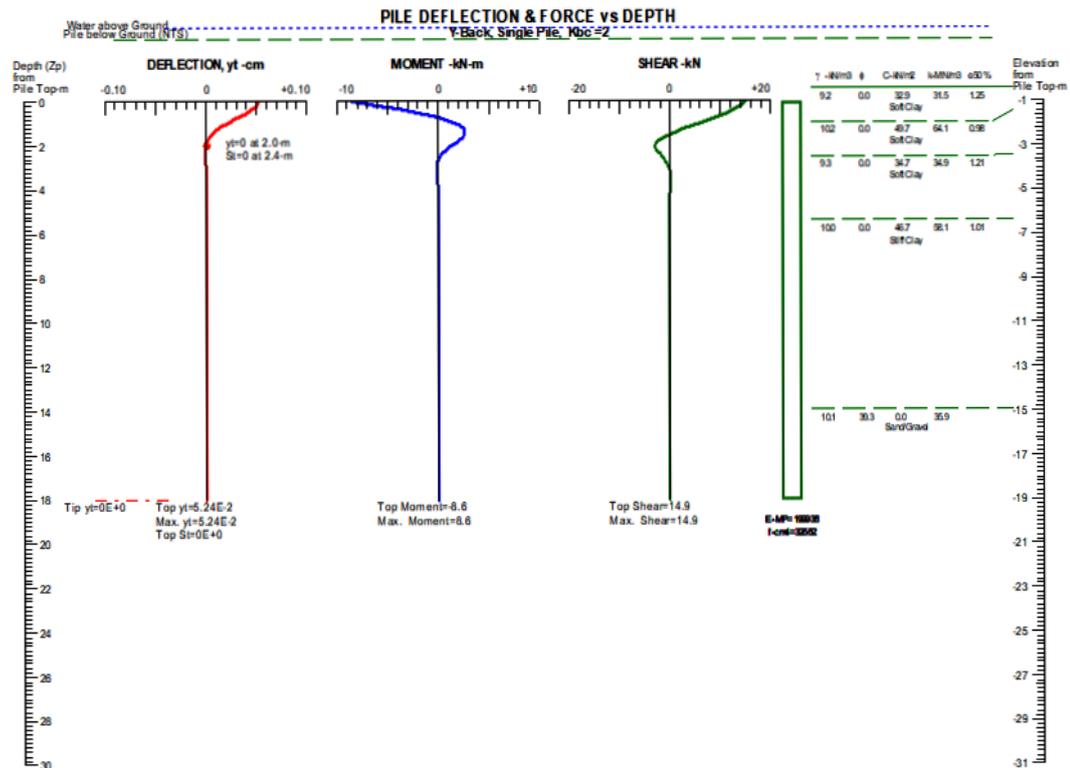
Dari summary report allpile di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Beban Aksial bekerja : 3068.17 KN
- Total daya dukung Ultimate : 8765.68 KN
- Daya dukung Iizin : 4804.72 KN
- Settlement yang terjadi : 0.1859 Cm
- Penurunan yang diizinkan : 2.5 cm

4.4.3.2. Analisa Daya Dukung Lateral Tiang Group.

Dalam menganalisis daya dukung lateral tiang group langkah-langkah yang dilakukan sama dengan analisis aksial tiang group, Adapun hasil analisis daya dukung lateral tiang group sebagai berikut:

a. Grafik deflection, momen dan shear dapat dilihat pada Gambar 4.26:



Analisis daya dukung aksial dan horizontal
Tiang pancang Group

Figure 2

Gambar 4.26: Grafik Pile Deflection And Force Vs Depth.

b. Hasil Summary report software geotek dapat dilihat pada Gambar 4.27:

```

file edit format view Help
. Final Results & Summary:
  Max. Cap Settlement, Xmax= 0.18842-cm
  Average Cap Settlement, Xaverage= 0.18638-cm
  Differential Cap Settlement, Xdiff= 0.00408-cm
  Cap Rotation, Rt= 0.000480215 Slope
  Cap Rotation, Ra= 0.02751428 Degree

  Lateral Cap Movement (Deflection), yt= 0.053-cm
  Front Pile: Shear= 15.27-kN
  Back Pile: Shear= 14.88-kN

  Lateral Cap Movement, yt= 0.053-cm, OK with the Allowable Deflection= 2.500-cm
  Max. Cap Settlement, Xmax= 0.188-cm, OK with the Allowable Deflection= 2.500-cm

```

Gambar 4.27: Hasil Summary Report Analisis Allpile.

Keterangan:

- Top deflection : 0.053 cm
- Cap rotation : 0.0275
- Top Shear Front : 15.27 KN
- Top shear back : 14.88 Kn
- Allowable deflection : 2.5 cm

4.5. Hasil Uji Tes Pile Driving Analyze (PDA).

Pile No. P-147 (Square Pile 25 x 25, L = 17 m – Panjang penetrasi 16.4 m). Hasil CAPWAB menunjukkan total kapasitas daya dukung sebesar 78 ton, dengan pembagian tahanan friksi sebesar 64 ton, dan tahanan ujung sebesar 14 ton, serta perpindahan total sebesar 8.9 mm dan penurunan tetap sebesar 1mm. Hasil keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.15:

Tabel 4.15: Hasil Analisa CAPWAB.

Pile	Pile Type	ANALISA CAPWAB				
		Total Bearing Capacity (ton)	Friction Capacity (ton)	End Bearing Capacity (ton)	Displacement (mm)	Settlement (mm)
P-147	Squarepile	78	64	14	8.9	1
P-164	Squarepile	82	67	15	9.76	1

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Dari hasil pembahasan mengenai analisis daya dukung aksial dan horizontal pondasi tiang pancang pada struktur shearwall rumah susun unimed medan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan data SPT dan uji Laboratorium pada kedalaman 18 m dari beberapa metode didapat nilai daya dukung ultimate tiang pancang sebesar:
 - a. Metode Meyerhof 1956 $Q_{ult} = 183$ ton.
 - b. Metode L.Decourt 1982 $Q_{ult} = 169.58$ ton.
 - c. Metode Janbu $Q_{ult} = 169.55$ ton.
2. Hasil perhitungan daya dukung aksial izin tiang pancang tunggal metode Meyerhof 1956: 73.20 ton, metode L.decourt: 67.83 ton, dan metode Janbu: 67.82 ton. Sedangkan dari hasil pengujian *Pile Driving Analyze (PDA)* pada titik P-147 daya dukung total tiang: 78 ton.
3. Dari hasil analisis perhitungan metode Vesic didapat besar penurunan yang terjadi pada tiang pancang tunggal yaitu 0.7 cm dan penurunan pada kelompok tiang sebesar 1.6 cm, sedangkan penurunan yang diizinkan sebesar 2.5 cm. Berdasarkan perhitungan software geotek penurunan yang terjadi pada tiang tunggal 0.17 cm, penurunan pada kelompok tiang 0.19 cm dengan penurunan izin tiang 2.5 cm.
4. Hasil daya dukung group tiang menggunakan software geotek.
 - a. Daya dukung aksial
 - Dari hasil analisis software geotek daya dukung aksial ultimate group tiang yaitu; 985.26 ton.
 - Daya dukung izin group tiang sebesar 540.05 ton.
 - b. Daya dukung lateral
 - Perpindahan yang terjadi pada group tiang 0.053 cm, sedangkan perpindahan yang diizinkan 2.5 cm

5. Membandingkan daya dukung dan penurunan tiang pancang dari hasil penelitian menggunakan beberapa metode.
- a. Daya dukung tiang tunggal.
- Berdasarkan metode L.Decourt 1982, daya dukung izin aksial tiang sebesar 67.83 ton dengan safety factor 2.5 dan penurunan yang terjadi berdasarkan metode Vesic 0.7 cm.
 - Berdasarkan metode Meyerhof 1956, daya dukung izin aksial tiang sebesar 73.2 ton dengan safety factor 2.5 dan penurunan yang terjadi berdasarkan metode Vesic 0.7 cm.
 - Hasil analisa menggunakan software geotek didapat daya dukung ultimate aksial sebesar 119.66 ton, serta daya dukung izin 75.75 ton, dan penurunan yang terjadi 0.17 cm.
 - Berdasarkan metode vesic penurunan yang diizinkan ialah 10% dari dimensi tiang yaitu 2.5 cm. Begitu pula dengan penurunan izin pada software geotek yaitu 2.5 cm.
 - Hasil analisa metode broms daya dukung ultimate lateral 4.94 ton, perpindahan yang terjadi 0.99 cm, dan rotasi 0.00297 cm.
 - Hasil perhitungan menggunakan software geotek perpindahan yang terjadi sebesar 0.222 cm. Perpindahan yang diizinkan 2.5 cm.
- b. Daya dukung tiang group.
- Daya dukung ultimate aksial group tiang berdasarkan persamaan converse – Labarre formula yaitu; 1099.46 ton, daya dukung izinnya 439.78 ton.
 - Daya dukung ultimate aksial group tiang hasil analisa software geotek yaitu; 985.26 ton, daya dukung izinnya 540.05 ton.
 - Penurunan yang terjadi metode vesic sebesar; 1.67 cm, batas penurunan yang diijinkan 2.5 cm.
 - Penurunan yang terjadi hasil perhitungan software geotek yaitu; 0.19 cm, batas penurunan yang diijinkan 2.5 cm.
 - Hasil perpindahan tiang group akibat beban lateral metode broms yaitu; 0.99 cm, defleksi yang diijinkan 2.5 cm.
 - Hasil perpindahan tiang group akibat beban lateral menggunakan software geotek; 0.053 cm, defleksi yang diijinkan 2.5 cm.

5.2. Saran.

Berdasarkan hasil dari Tugas Akhir ini, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Dalam penggunaan Software Allpile sangat di perlukan data yang valid dan pemodelan yang tepat, sehingga di dapat hasil yang akurat.
2. Perbedaan nilai hasil perhitungan yang signifikan antara beberapa metode sangat dipengaruhi oleh komponen – komponen data tanah yang digunakan, serta ketelitian dalam membaca grafik. Untuk itu sangat dibutuhkan ketelitian dalam perhitungan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akon, A., & Faisal, A. (2017). Studi Daya Dukung Lateral pada Pondasi Tiang Grup dengan Konfigurasi 2 x 2. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5(1).
- AULIA, R. (2019). Analisis Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Square (Studi Kasus: Pembangunan Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR) PT. Ultra Jaya Milk Industri Bandung). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- Ahmad, L. G., & Surahman, M. (2016). Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Test Kantledge. *Konstruksia*, 7(2).
- Balamba, S., Monintja, S., & Sarajar, A. (2013). Analisa Potensi Likuifaksi Di PT. PLN (Persero) UP KIT SULMAPA PLTU 2 Sulawesi Utara 2 x 25 MW Power Plan. *Jurnal Sipil Statik* (Vol. 1, No.11, hlm 705-711).
- Das, Baraja M. (1995). *Rekayasa Geoteknis*).
- Das, Braja M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, 1–291.
- Candra, A. I., & Yusuf, A. (2018). Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung LP3M Universitas Kadiri. *Jurnal CIVILA*, 3(2), 166-171.
- Christiani, S., & Kawanda, A. (2019). Analisis Daya Dukung Fondasi Dalam Dengan Metode Inner Boring Di Jakarta. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(2), 95-104.
- Fadilah, U. N., & Tunafiah, H. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese&Wright Dan Penurunan. *IKRA-ITH TEKNOLOGI: Jurnal Sains & Teknologi*, 2(3), 7-13.
- Harsanto, C., Manoppo, F. J., & Sumampouw, J. E. R. (2015). Analisis Daya Dukung Tiang Bor (Bored Pile) pada Struktur Pylon Jembatan Soekarno dengan PLAXIS 3D. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(2).
- Kawengian, S., Balamba, S., & Sarajar, A. N. (2018). Analisis Daya Dukung Lateral Pada Tiang Pancang Kelompok di Dermaga Belang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(9).
- Luthfiani, F., Nurhuda, I., & Atmanto, I. D. (2017). Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang Dan Rakit Pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Business District. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 166-179.

- Livia, & Suhendra, A. (2018). Studi Kapasitas Tiang Bore Berdasarkan Metode Pile Driving Analyzer (PDA) Dan Loaaad Cell. *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 1, No.1,hlm 82-91).
- Markus, & Kwanda, A. (2020). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Tanah Berpotensi Likuifaksi Di Sulawesi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil* (Vol. 3, No.3,hlm 865-878).
- Mansur, S., Patuti, I. M. & Achmad, F. (2019). Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Tiang Bor Tunggal Akibat Beban Gempa Dengan Menggunakan PLAXIS 2D. Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora (SemanaTECH 2019).
- Prakasa, A. G., & Rijaluddin, A. (2016). Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) Tunggal dengan Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Yogya Toserba II Majalengka). *J-ENSITEC*, 3(01).
- Pamungkas, A., & Priadi, E. (2017). Studi Daya Dukung Lateral Pada Pondasi Tiang Grup Dengan Konfigurasi 2 x 3. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5(1).
- Setyowati, Y., & Yulia, F. A. (2018). Analisis Daya Dukung Tiang Group Pada Tanah Berlensa Di Kota Banjarmasin Dengan PLAXIS 2D. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan* (Vol. 7, No. 1).PP 1-15.
- Savira, N., & Andajani, N. (2020). Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Data Laboratorium Dibandingkan Dengan Data Sondir Dan Data Standart Penetration Test (SPT) Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (KLBM). *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(1).
- Tijow, K. C, Oktavian, B. A., & Sompie, Jack, H. T. (2018). Analisa Potensi Likuifaksi Tanah Berdasarkan Data Standart Penetration Test (SPT) (Studi Kasus: Dermaga Bitung, Sulawesi Utara). *Jurnal Teknik Sipil Statik* (Vol. 6, No.7,hlm 491-500).
- Yuliawan, E., & Rahayu, T. (2018). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT Dan Cyclic Load Test. *Konstruksia*, 9(2), 1-13.
- Zakahfi, A. T., & Kusumawardani, R. (2018). Perbandingan Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Perhitungan L. Decourt Dan Tes PDA. *Teknika*, 13(1), 1-11.

LAMPIRAN

Tabel Lamp. 1: Tabel Hasil *Pile Driving Analyze* (PDA) Pada Titik P-147.

Pile	Pile Type	ANALISA CAPWAB				
		Total Bearing Capacity (ton)	Friction Capacity (ton)	End Bearing Capacity (ton)	Displacement (mm)	Settlement (mm)
P-147	Squarepile	78	64	14	8.9	1
P-164	Squarepile	82	67	15	9.76	1

Tabel Lamp. 2: Tabel Hasil CABWEB Summary Report Pada Titik P-147.

Demb. RUSUN Mahasiswa UNIMED; Pile: P-147
 Squarepile Dia. 25 cm Drop Hammer 0.9 Ton; Blow: 14

Test: 18-May-2020 16:32
 CAPWAB (R) 2014-3

CAPWAB SUMMARY RESULTS

Total CAPWAB Capacity: 78.00; along Shaft 64.00; at Toe 14.00 tons

Soil Sgmnt No.	Dist. Below Gages m	Depth Below Grade m	Ru tons	Force in Pile tons	Sum of Ru tons	Unit Resist. (Depth) tons/m	Unit Resist. (Area) tons/m ²
				78.0			
				72.0	6.00	2.08	2.08
1	3.1	2.9	6.00	69.5	8.53	1.23	1.23
2	5.1	4.9	2.53	64.2	13.83	2.57	2.57
3	7.2	7.0	5.30	58.0	19.99	2.99	2.99
4	9.3	9.1	6.16	50.2	27.79	3.79	3.79
5	11.3	11.1	7.80	37.2	40.84	6.34	6.34
6	13.4	13.2	13.05	24.5	53.54	6.17	6.17
7	15.4	15.2	12.70	14.0	64.00	5.08	5.08
8	17.5	17.3	10.46				
Avg. Shaft			8.00			3.70	3.70
Toe			14.00				224.00

Soil Model Parameters/Extensions		Shaft	Toe
Smith Damping Factor		1.31	1.31
Quake	(mm)	2.528	1.000
Case Damping Factor		1.45	0.32
Damping Type		Viscous	Sm+Visc
Reloading Level	(% of Ru)	100	100
Unloading Level	(% of Ru)	95	

CAPWAB match quality = 3.02 (Wave Up Match); RSA = 0

Observed: Final Set = 1.000 mm; Blow Count = 1000 b/m

Computed: Final Set = 0.804 mm; Blow Count = 1244 b/m

Transducer F1 (K781) CAL: 153.0; RF: 1.00; F3 (L733) CAL: 151.6; RF: 1.00

A2 (48198) CAL: 1125; RF: 1.00; A4 (48209) CAL: 1115; RF: 1.00

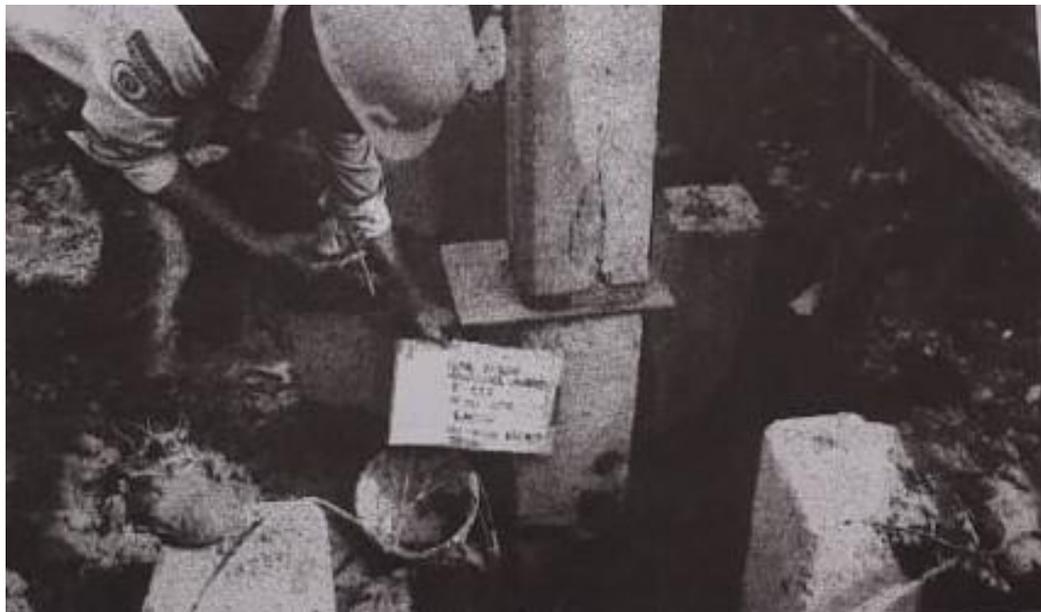
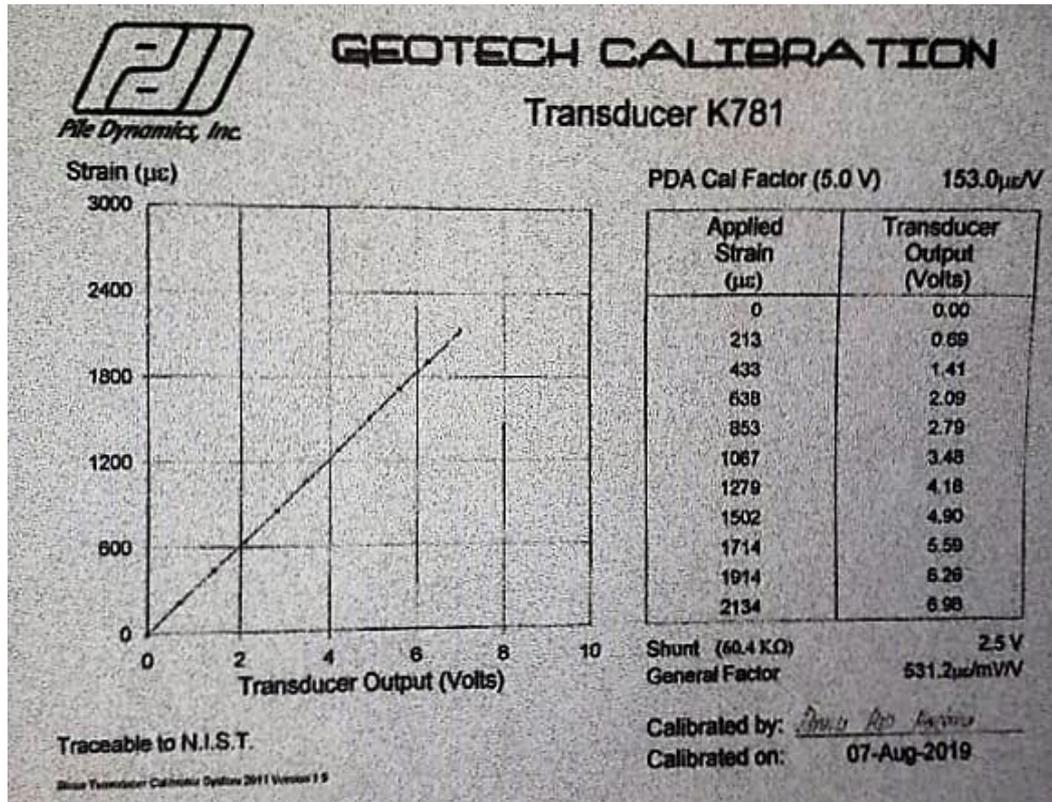
max. Top Comp. Stress = 0.2 tons/cm² (T= 22.4 ms, max= 1.049 x Top)

max. Comp. Stress = 0.2 tons/cm² (Z= 3.1 m, T= 23.0 ms)

max. Tens. Stress = -0.01 tons/cm² (Z= 3.1 m, T= 38.0 ms)

max. Energy (EMG) = 0.47 tons-m; max. Measured Top Displ. (DMX)= 5.258 mm

Tabel Lamp. 3: Tabel Hasil Transducer K781 Pada Titik P-147.



Gambar Lamp. 1: Kegiatan Pengujian PDA Pada Titik P-147.



PT. REKAYASA GEOTEKNIK UTAMA

File Foundation & Hydraulic Static Piling System Specialist

PROJECT : KAWA JALING
 LOCATION : Jl. Selamat Klaten

PILLING POINT NO. : 147 OWNER : _____ PILLING DATE : 02 - 05 - 2020
 AXIS : STWU F1-P4 TYPE OF PILE : 12 25 + 25 OPERATOR : Thamrin Satrio
 SECTION LENGHT : 1 st) 6m 2nd) 6m 3rd) 6m 4th) 6m 5th) _____ 6th) _____
 CASTING DATE : 10/05/2020

PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	PENETRATION (m)	MANOMETER (MPa)	BEARING (ton)	
0.50			9.50			18.50			27.50			36.50			45.50			54.50			63.50
1.00			10.00			19.00			28.00			37.00			46.00			55.00			64.00
1.50			10.50			19.50			28.50			37.50			46.50			55.50			64.50
2.00			11.00			20.00			29.00			38.00			47.00			56.00			65.00
2.50			11.50			20.50			29.50			38.50			47.50			56.50			65.50
3.00			12.00			21.00			30.00			39.00			48.00			57.00			66.00
3.50			12.50			21.50			30.50			39.50			48.50			57.50			66.50
4.00			13.00			22.00			31.00			40.00			49.00			58.00			67.00
4.50			13.50			22.50			31.50			40.50			49.50			58.50			67.50
5.00			14.00			23.00			32.00			41.00			50.00			59.00			68.00
5.50			14.50			23.50			32.50			41.50			50.50			59.50			68.50
6.00			15.00			24.00			33.00			42.00			51.00			60.00			69.00
6.50			15.50			24.50			33.50			42.50			51.50			60.50			69.50
7.00			16.00			25.00			34.00			43.00			52.00			61.00			70.00
7.50			16.50			25.50			34.50			43.50			52.50			61.50			70.50
8.00			17.00			26.00			35.00			44.00			53.00			62.00			71.00
8.50			17.50			26.50			35.50			44.50			53.50			62.50			71.50
9.00			18.00			27.00			36.00			45.00			54.00			63.00			72.00

PILE LENGTH : 18 meter
 DOLLY : _____
 TIME START : _____
 TIME COMPLETED : _____

CHECKED BY,
 SUPERVISOR CONSULTANT
 PT.

PREPARED BY,

 SITE SUPERVISOR

APPROVED BY,
 OWNER/MAIN CONTRACTOR
 PT.

Gambar Lamp. 2: Laporan Pemancangan Pada Titik P-147.

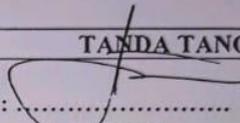
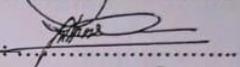
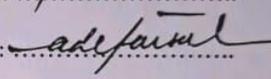
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar

Nama : Kariadi Supardi Harjo

NPM : 1607210074

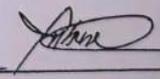
Judul Tugas Akhir : Analisis Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Pondasi Tiang – Pancang Pada Struktur Shearwall Rumah Susun Unimed Medan.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Fadliansyah.S.T.M.T	: 
Pemanding – I : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc	: 
Pemanding – II : DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 03 Sya'ban 1442 H
17 Maret 2021 M

Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Kariadi Supardi Harjo
NPM : 1607210074
Judul T.Akhir : Analisis Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Pondasi Tiang Pancang Pada Struktur Shearwall Rumah Susun Unimed Medan.

Dosen Pembimbing - I : Fadliansyah.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

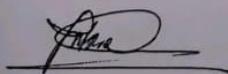
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - *Tambahan poin ke-5 dan ke-6 pada bab II*
 - *Daftar perbaikan :*
 - *Urutan & posisi R_s horizontal yang digunakan*
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

Ade Adey Supardi
Fahrizal 24/03/2021

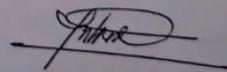
Medan 03 Sya'ban 1442H
17 Maret 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Z.S/T.M.Sc

Dosen Pembanding- I



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Kariadi Supardi Harjo
NPM : 1607210074
Judul T.Akhir : Analisis Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Pondasi Tiang
Pancang Pada Struktur Shearwall Rumah Susun Unimed Medan.

Dosen Pembimbing - I : Fadliansyah.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

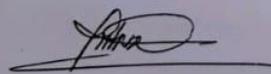
*- perbaikan pemukiman mengacu Panduan
pemukiman Slempri 1*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

*Ace telah dikoreksi! 23/21
ade faisal*

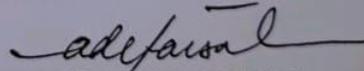
Medan 03 Sya'ban 1442H
17 Maret 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Z.S/T.M.Sc

Dosen Pembanding- II



DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc



Daftar Riwayat Hidup

Nama : Kariadi Supardi Harjo
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl Lahir : Sukamaju, 20 Maret 1997
Alamat : Jl. DSN VI Purwojoyo, Dsa. Sukamaju, Kec. Sunggal,
Kab.Deliserdang, Provinsi Sumatera Utara
Agama : Islam
No. Hanpone : 082165382962
E_mail : kariadisupardi@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sukri
Ibu : Tri Muliati

JENJANG PENDIDIKAN

1. SDN 105265 Sukamaju : 2003-2009
2. SMP Negeri 1 Pancur Batu : 2009-2012
3. SMA Muhammadiyah 2 Medan : 2012-2015
4. Melanjutkan kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara