

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL DAN HORIZONTAL TIANG
PANCANG DENGAN METODE ANALITIS, DENGAN APLIKASI PADA
RUMAH SUSUN UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD ALI IHSAN

1607210202



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2021



UMSU

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400
Website : <http://teknik.umsu.ac.id> E-mail : teknik@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Muhammad Ali Ihsan
Npm : 1607210202
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Aksial & Horizontal Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis, Dengan Aplikasi Pada Rumah Susun Universitas Negeri Medan.
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 : Muhammad Ali Ihsan

NPM : 1607210202

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Daya Dukung Aksial & Horizontal Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis, Dengan Aplikasi Pada Rumah Susun Universitas Negeri 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 : Muhammad Ali Ihsan
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/ 08 juni 1997
NPM : 1607210202
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 Dengan Metode Analitis, Dengan Aplikasi Pada 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 orisinil 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,



Muhammad Ali Ihsan

ABSTRAK

ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL DAN HORIZONTAL TIANG PANCANG DENGAN METODE ANALITIS, DENGAN APLIKASI PADA RUMAH SUSUN UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

Muhammad Ali Ihsan

1607210202

Fadliansyah ST,MT

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lain diatasnya (Joseph E. Bowles, 1997). Pada pengaplikasian dilapangan sering mengesampingkan analisis daya dukung pondasi dan penurunan pondasi yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan daya dukung aksial dan horizontal pondasi tiang pancang secara analitis maupun numeris dengan pengujian tes di lapangan atau Pile Driving Analyzer (PDA) atau CAPWAP. Secara analitis, perhitungan daya dukung aksial dilakukan dengan menggunakan metode Mayerhof (1976), Briaud Et Al, Tomlinson (1977) yang dilakukan dengan menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang, sedangkan untuk menganalisis daya dukung horizontal pondasi tiang pancang menggunakan metode Broms untuk mengetahui besarnya gaya lateral berdasarkan data-data dari lapangan yaitu SPT, sedangkan numeris yaitu menghitung dengan menggunakan program All Pile. Perhitungan dilakukan pada titik pengujian SPT yaitu titik BH1 yang akan diverifikasi dengan pengujian PDA atau CAPWAP pada Proyek Pembangunan Rumah Susun UNIMED. Dari hasil analisis secara manual dan program, dapat disimpulkan bahwa metode Mayerhof 1976 = 98.48 ton Briaud et all = 110.16 ton Thomlinson = 78.527 ton hasil computer = 494,51 ton dan daya dukung horizontal tiang pancang panjang ujung bebas yaitu $H_u = 4742.91$ kg, sedangkan tiang pancang panjang ujung terjepit yaitu $H_u = 7853.19$ kg, perhitungan komputer untuk tiang pancang deflection = 0.127 cm.

Kata kunci: Pondasi tiang pancang, SPT, daya dukung aksial, daya dukung horizontal, Allpile.

ABSTRACT

ANALYSIS OF AXIAL AND HORIZONTAL SUPPORT WITH ANALYTICAL METHOD, WITH APPLICATIONS IN MEDAN STATE UNIVERSITY CONSTRUCTION HOUSES

Muhammad Ali Ihsan
1607210202
Fadliansyah ST, MT

The foundation is a structure under the building that is directly related to the ground, or part of the building that is located below the ground surface which has the function of bearing the load of other parts of the building above it (Joseph E. Bowles, 1997). In the field application, it often overrides the analysis of the bearing capacity of the foundation and the proper settlement of the foundation. The purpose of this research is to analyze and compare the axial and horizontal bearing capacity of piles analytically and numerically with field testing or Pile Driving Analyzer (PDA) or CAPWAP. Analytically, the calculation of the axial bearing capacity was carried out using the method of Mayerhof (1976), Briaud Et Al, Tomlinson (1977) which was carried out by calculating the bearing capacity of the pile foundation, while to analyze the horizontal bearing capacity of the pile foundation using the Broms method to determine the size of the pile foundation. Lateral force is based on data from the field, namely SPT, while numerical is calculated using the All Pile program. The calculation is carried out at the SPT test point, namely the BH1 point which will be verified by PDA or CAPWAP testing in the UNIMED Flats Construction Project. From the results of manual and program analysis, it can be concluded that the Mayerhof 1976 method = 98.48 tonnes Briaud et all = 110.16 tonnes Thomlinson = 78.527 tonnes computer results = 494.51 tonnes and horizontal bearing capacity of long pile free ends, namely $H_u = 4742.91$ kg, while pile length of pinched end is $H_u = 7853.19$ kg, computer calculation for pile deflection = 0.127 cm.

Keywords: pile foundation, SPT, axial bearing capacity, horizontal bearing capacity, Allpile.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Pancang Dengan Metode Analitis, Dengan Aplikasi Pada Rumah Susun Universitas Negeri Medan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Fadliansyah S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zurkarnain S.T., M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing 1 dan penguji serta sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal S.T., M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing 2 dan penguji serta sebagai Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Hj Irma Dewi, S.T, M.Si. sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Teristimewa yang tidak terhingga kepada orang tua saya yang tercinta, Ayahanda Nurul Azan, S.E. dan Ibunda Zulfiana Adonna Hrp, saya sampaikan terimakasih, dan penghormatan yang sebesar-besarnya atas segala

pengorbanan yang tiada terbalaskan, menyekolahkan, serta memberi didikan yang sangat berharga sehingga saya dapat menyelesaikan perkuliahan. Permohonan saya kepada Allah SWT melalui doa yang tulus kiranya Bapak dan Ibu saya diberikan kekuatan dan kesehatan serta kesabaran dalam menjalani hidup ini.

7. Terimakasih kepada kakak, abang dan adik saya Rizka Amalia, S.T., Muhammad Ryan Syahputra, S.T, M.M.P.P., Muhammad Hafiz atas doa dan motifasi yang terus menerus.
8. Terimakasih kepada Elfy Syahara Lubis, S.Pd. yang telah membantu dan memberikan dukungan serta mendengarkan keluh kesah dalam proses pengerjaan tugas akhir saya.
9. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
10. Terimakasih kepada bang Satya Anugerah Akbar (Sadam), Muhammad Ghazian Yudhistira, S.H. dan bang Reza katem semakin coffe, yang telah membantu memberi dukungan untuk saya.
11. Teman dan rekan seperjuangan Grup Barbar Squad, Grup kelas D-1 Stambuk 2016, Grup Oce, Kariyadi Supardi Harjo, abang - abang dan teman sejawat lainnya yang tidak mungkin namanya di sebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 17 Maret 2021
Penulis

Muhammad Ali Ihsan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	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	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. Penyelidikan Tanah	6
2.3. Pemboran (<i>boring</i>)	8
2.4. Standart Penetration Test (SPT)	9
2.5. Pondasi Tiang	10
2.6. Klasifikasi Pondasi Tiang	11
2.7. Penggolongan Pondasi Tiang	12
2.8. Pondasi Tiang Pancang	13
2.9. Metode Pemancangan	14
2.10. Metode Pelaksanaan Pemancangan	15
2.11. Metode pemancangan dengan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)	18
2.12. Kapasitas Daya Dukung	24
2.12.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Hasil SPT	24
2.13. Pile Driving Analyzer (PDA)	27
	vii

2.14.Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi Tiang	31
2.14.1.Jarak Antara Tiang Dalam Kelompok	32
2.14.2.Kapasitas Kelompok Tiang	34
2.14.3.Kapasitas Dimensi <i>Pile Cap</i>	35
2.14.4.Faktor Aman Tiang	37
2.15.Gaya Lateral Ijin	37
2.15.1. Karakteristik Tiang Pancang Tahanan Beban Lateral Ultimit	37
2.15.2. Tiang dalam tanah kohesif (metode broms)	38
2.16.Penurunan Tiang (<i>Pile Settlement</i>)	45
2.16.1. Perkiraan Penurunan Tiang Tunggal	45
2.17.Perangkat Lunak All Pile	47
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	48
3.1. Data Umum	48
3.2. Data Teknis Pemancangan	48
3.3. Denah Lokasi Proyek	49
3.4. Metode Pengumpulan Data	49
3.5. Tahapan Penelitian	49
3.6. Lokasi PDA Test	52
3.7. Pengumpulan Data	52
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	55
4.2. Gambaran Umum Rumah Susun Unimed Medan	55
4.3. Hasil Dan Pembahasan	56
4.3.1.Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.	56
4.4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Hasil Simulasi Di Komputer	81
4.4.1.Analisa Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Tunggal	83
4.4.2.Analisa Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Kelompok	87
4.5. Hasil Uji Tes Pile Driving Analyze (PDA) Lapangan.	90
BAB 5 KESIMPILAN DAN SARAN	92
5.1. Kesimpulan	92

5.2. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	:Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk penentuan harga	9
Tabel 2.2	:Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir	10
Tabel 2.3	:Faktor Kekakuan	38
Tabel 2.4	:Hubungan nilai k1 Terzaghi	39
Tabel 2.5	:Parameter Elastik Tanah	47
Tabel 4.1	:Parameter data hasil uji Lab	56
Tabel 4.2	:Nilai koefisien tanah menurut L.decourt	57
Tabel 4.3	:Hasil Efisiensi Tiang Kelompok Metode Converse Labarre Formula	67
Tabel 4.4	:Nilai Cu kohesi rata-rata.	68
Tabel 4.5	:Nilai-nilai k1 yang disarankan oleh Tezaghi (1955).	68
Tabel 4.6	:Nilai Cu kohesi rata-rata.	74
Tabel 4.7	:Nilai-nilai k1 yang disarankan oleh Tezaghi (1955).	74
Tabel 4.8	:Beban timbunan pile cap	81
Tabel 4.9	:Beban Yang Bekerja Pada Pile Cap 3	82
Tabel 4.10	:Beban Yang Bekerja Pada Tiang Tunggal	82
Tabel 4.11	:Analisa Capwap Dilapangan	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	:Tiang pancang beton dengan penampang segitiga dan segi empat	14
Gambar 2.2	:Skema Pemukul Tiang Sumber	16
Gambar 2.3	:Titik pancang yang di tentukan	19
Gambar 2.4	:Lifting pile	20
Gambar 2.5	:Campling & Piling	21
Gambar 2.6	:Sambungan & Pengelasan	21
Gambar 2.7	:Akibat proses Dolly	22
Gambar 2.8	:Pemotongan sisa beton tiang pancang	23
Gambar 2.9	:Pengambilan sisa beton	23
Gambar 2.10	:Tahanan Ujung tiang dan kedalaman pada tanah pasir diantara tanah lunak : a Lapisan pasir tebal; b Lapisan pasir tipis	25
Gambar 2.11	:Berdasarkan data <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA)	27
Gambar 2.12	:Piling Driver Analyzer (PDA)	30
Gambar 2.13	:Dua (2) <i>strain transducer</i>	30
Gambar 2.14	:Kelompok tiang	31
Gambar 2.15	:Pola kelompok tiang	32
Gambar 2.16	:Definisi jarak s dalam hitungan efisiensi tiang	33
Gambar 2.17	:Pile Cap dengan Tiga Tiang	36
Gambar 2.18	:Mekanisme keruntuhan tiang ujung bebas untuk tiang pendek dan tiang Panjang	39
Gambar 2.19	:Tahanan lateral ultimit tiang dalam tanah kohesif	41
Gambar 2.20	:Mekanisme Keruntuhan tiang ujung jepit a. Tiang pendek, c. tiang panjang	41
Gambar 2.21	:Mekanisme Keruntuhan Tiang Ujung Bebas Pada Tanah nonkohesif	42
Gambar 2.22	:Hubungan Momen Maksimum Tiang Panjang dengan Kapasitas <i>Lateral Ultimit</i>	43
Gambar 2.23	:Tiang Ujung Jepit Dalam Tanah non kohesif a. Tiang Pendek, b. Tiang Sedang, c.Tiang Panjang.	44
Gambar 2.24	:Variasi jenis bentuk unit tahanan friksi (kulit) alami terdistribusi sepanjang tiang tertanam ke dalam tanah	46
Gambar 3.1	:Denah lokasi	49
Gambar 3.2	:Bagan Alir	51
Gambar 3.3	:Titik tiang pancang & lokasi PDA	52
Gambar 3.4	:Detail Tiang Pancang	53
Gambar 3.5	:Detail Data SPT	54
Gambar 4.1	:Pile Cap	66
Gambar 4.2	:Hasil Grafik Broms	71
Gambar 4.3	:Pile Cap	72
Gambar 4.4	:Grafik nilai reduce faktor pada spasing/diameter 3.D	73

Gambar 4.5	:Grafik Broms	76
Gambar 4.6	:Pile Cap	77
Gambar 4.7	:Grafik nilai reduce faktor pada spasing/diameter 3.D	78
Gambar 4.8	:a) tabel angka poisson; b) tabel modulus elastis Es; c) tabel nilai koefisien cp	80
Gambar 4.9	:Joint reaction	81
Gambar 4.10	:Memasukkan beban tiang tunggal pada program all pile	83
Gambar 4.11	:Grafik vertical tiang tunggal load vs settlement program Allpile	84
Gambar 4.12	:Hasil Summary Report Aksial tiang tunggal Program Allpile	85
Gambar 4.13	:Hasil Summary Report Lateral tiang tunggal Program Allpile	86
Gambar 4.14	:Grafik analisis tiang tunggal lateral pile deflaction & force vs depth	87
Gambar 4.15	:Memasukkan beban yang bekerja pada tiang kelompok.	88
Gambar 4.16	:Grafik vertical load vs settlement tiang kelompok program Allpile	88
Gambar 4.17	:Hasil summary report vertical tiang kelompok allpile	89
Gambar 4.18	:Hasil summary report lateral allpile	90
Gambar 4.19	:Grafik analisis lateral pile deflectin & force vs dpeth	90

DAFTAR NOTASI

A_p	=	Luas penampang tiang
C_u	=	Kohesi tanah
C_p	=	Koefisien Empiris
D	=	Diameter Tiang
E_p	=	Modulus elastisitas material tiang
E_g	=	Efisiensi kelompok tiang
E_s	=	Modulus Elastisitas tanah
K_0	=	Koefisien tekanan tanah
L	=	Panjang Tiang
L_i	=	Panjang lapisan tanah
M	=	Jumlah baris tiang
N	=	Jumlah tiang dalam satu baris
N_c	=	Factor daya dukung
N_q	=	Faktor daya dukung
\bar{N}_{60}	=	Nilai rata - rata angka penetrasi di ujung tiang
P	=	Keliling penampang tiang
Q_a	=	Daya dukung ijin
Q_p	=	Daya dukung ujung tiang
q_p	=	Daya dukung batas ujung tiang
Q_s	=	Daya dukung selimut tiang
Q_u	=	Daya dukung ultimate

- S = Jarak ke pusat tiang
- S = Penurunan total pondasi tiang
- S_p = Penurunan akibat beban pada ujung tiang
- S_s = Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal
- S_{ps} = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang
- α = Factor adhesi
- σ_r = Tekanan atmosfer
- σ_v' = Tegangan vertical efektif tanah
- θ = Dalam derajat
- μ_s = Angka poisson

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam hal perencanaan pondasi pembangunan rumah susun UNIMED (Universitas Negeri Medan) diperlukan melaksanakan survey penelitian tanah (*Soil investigation*). Pada umumnya bangunan gedung tersebut memiliki beban yang sangat bervariasi, berupa beban sendiri konstruksi bangunan gedung, dan kemungkinan-kemungkinan adanya pengaruh yang akan terjadi pada bangunan gedung tersebut, sehingga memerlukan suatu type pondasi yang sesuai agar lapisan tanah tempat pondasi didirikan mampu mendukung seluruh berat konstruksi dan pengaruh yang akan terjadi.

Pada dasarnya jenis penelitian tanah yang dilakukan adalah dengan menggunakan Bor Mesin atau *Sounding test method*. Melalui hasil pengujian ini diharapkan akan diperoleh gambaran fisik dan karakteristik lapisan tanah, tebal lapisan tanah keras, serta daya dukung tanah dihitung berdasarkan perlawanan ujung conus.

Analisis geoteknik adalah suatu kegiatan dalam bidang geoteknik yang dilakukan untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan rekayasa (*engineering*). Ada dua jenis analisis geoteknik yang dilakukan yaitu (1) penyelidikan lapangan (*in situ test*) dan (2) penyelidikan laboratorium (*laboratory test*). penyelidikan lapangan umumnya terdiri *machine boring*, SPT (*standard penetration test*), CPT(*cone penetration test*), DCP (*dynamic cone penetration*), pressuremeter test (PTM), *dilatometer test* (DMT), *field permeability test*, dll (Razasa karya, 2019)

Secara umum, perencanaan pondasi tiang mencakup daya dukung sebagai *end bearing pile* (daya dukung ujung) maupun *friction pile* (daya dukung gesek). Sifat tanah yang variabel sebelumnya atau gerakan tanah yang terjadi kemudian (umpamanya oleh gempa) dapat menyebabkan penurunan-penurunan berlebihan.

Pondasi sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil dalam hal ini pekerjaan suatu struktur bangunan. Bentuk dan struktur tanah juga

berperan dalam suatu pekerjaan konstruksi untuk menentukan jenis pondasi tersebut, hal ini disebabkan karena kondisi ketidak tentuan dari struktur tanah itu sendiri. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dilapangan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah).

Tiang pancang adalah awal dari pekerjaan struktur yang sering terjadi masalah, mulai dari kondisi tanah yang tidak sama dari rencana, tanah yang basah karena musim hujan atau adanya sumber air tanah alat pancang menggunakan system lama yang menimbulkan suara dan polusi dan lain sebagainya.

Tiang Pancang Sistem Hidrolik (*Hydraulic Jack In*) adalah suatu metode pemancangan pondasi tiang dengan menggunakan mekanisme *hydraulic jacking foundation system*, dimana sistem ini telah mendapatkan hak paten dari United States, United Kingdom, China dan New Zealand.

Sistem ini terdiri dari suatu *hydraulic ram* yang ditempatkan paralel dengan tiang yang akan dipancang, dimana untuk menekan tiang tersebut ditempatkan sebuah mekanisme berupa plat penekan yang berada pada puncak tiang dan juga ditempatkan sebuah mekanisme pemegang (*grip*) tiang, kemudian tiang ditekan ke dalam tanah. Dengan sistem ini tiang akan tertekan secara kontiniu ke dalam tanah, tanpa suara, tanpa pukulan dan tanpa getaran.

Adapun pengujian langsung kapasitas daya dukung di lapangan yaitu Pile Driving Analyzer (PDA) dan Loading Test. Tiang pancang berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan menahan beban stuktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan daya dukung tiang .Selain itu kapasitas daya dukung juga dapat di analisa dengan bantuan program (Yusti, 2014).

Beberapa diantaranya adalah Plaxis dan Ensoft yaitu APILE. Plaxis adalah program pemodelan dan *post processing* metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa masalah geoteknik dalam perencanaan bangunan

sipil. Sedangkan ALLPILE adalah program tujuan khusus berdasarkan prosedur rasional untuk menganalisa tumpukan yang digerakkan di bawah pemuatan aksial. oleh sebab itu dalam tugas akhir ini penulis memfokuskan menganalisa daya dukung aksial pondasi tiang pancang pada PROYEK RUMAH SUSUN UNIMED secara numerik dengan bantuan program dan membandingkannya dengan metode analitis.(Harsanto,dkk., 2015)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat di rumuskan bagaimana permasalahan yang ada :

1. Menghitung kapasitas daya dukung :
 - 1.1. Aksial tiang tunggal dan tiang kelompok.
 - 1.2. Horizontal tiang tunggal dan tiang kelompok.
Pondasi tiang pancang dengan metode analitis dan menggunakan aplikasi.
2. Menghitung perbandingan :
 - 2.1. Daya dukung tiang pancang yang di hitung secara numeric dengan data *Pile Driving Analyzer* (PDA).
 - 2.2. Daya dukung tiang pancang dengan aplikasi dari data *Standart Penetration Test* (SPT) yang di bandingkan ke data *Pile Driving Analyzer* (PDA).
3. Menghitung penurunan *elastis* tiang tunggal (single pile) dan penurunan tiang kelompok.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi pembahasan yang meluas atau menyimpang, maka perlu kiranya dibuat suatu batasan masalah. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini, yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada pembangunan rumah susun Universitas Negeri Medan.

2. Daya dukung yang dikaji hanya daya dukung aksial dan horizontal.
3. Tiang yang ditinjau adalah pondasi tiang pancang pada satu titik PDA saja
4. Kepadatan yang digunakan menggunakan kepadatan tanah hasil dari laboratorium.
5. Tidak membahas pembebanan pada struktur atas, data pembebanan dari hasil analisa komputer berkoordinasi dengan pelaksana PT.Razasa karya.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk:

1. Untuk mengetahui kapasitas daya dukung :
 - 1.1 Aksial tiang tunggal dan tiang kelompok.
 - 1.2 Horizontal tiang tunggal dan tiang kelompok.Pondasi tiang pancang dengan metode analitis dan menggunakan aplikasi.
2. Untuk mengetahui perbandingan :
 - 2.1. Daya dukung tiang pancang yang di hitung secara numeric dengan data *Pile Driving Analyzer* (PDA).
 - 2.2. Daya dukung tiang pancang dengan aplikasi dari data *Standart Penetration Test* (SPT) yang di bandingkan ke data *Pile Driving Analyzer* (PDA).
3. Untuk mengetahui penurunan tiang tunggal (single pile) dan penurunan tiang kelompok.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menambah ilmu pengetahuan, wawasan, dan pembandingan kelak jika akan melakukan suatu pekerjaan yang sama atau sejenis.
2. Dapat membantu mahasiswa lainnya sebagai referensi atau contoh apabila mengambil topik bahasan yang sama.

1.6. Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

- | | | |
|---------|------------------------|--|
| BAB I | PENDAHULUAN | Penjabaran latar belakang , rumusan masalah , tujuan , dan manfaat penelitian |
| BAB II | TINJAUAN PUSTAKA | Membahas mengenai teori teori dan literatur yang mendukung dan menjadi bahan penelitian ini |
| BAB III | METODOLOGI PENELITIAN | Membahas tentang data dan metode yang di gunakan dalam penelitian ini dan bagaimana metode analisa yang akan di gunakan dalam mengolah data yang di dapat |
| BAB IV | ANALISA DAN PEMBAHASAN | Menyajikan tentang perhitungan besarnya penurunan pada tanah di pembangunan rumah susun UNIVERSITAS NEGERI MEDAN dilakukan secara analitik dan menggunakan beberapa metode. |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | Membahas tentang hasil yang sudah di dapat dari pengolahan data yang di dapat dan memberi masukan terhadap evaluasi yang akan di lakukan baik terhadap instansi terkait maupun terhadap penelitian–penelitian selanjutnya. |

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lain diatasnya (Joseph E. Bowles, 1997). Pondasi merupakan bagian penting dari satu bangunan sipil, pondasi sebagai dasar penahan beban terdasar dari suatu konstruksi. Jalan, gedung, jembatan, bendungan, dan konstruksi sipil lainnya tanpa pondasi yang kuat pasti akan mengalami kegagalan konstruksi. Pada pengaplikasian dilapangan sering mengesampingkan analisis daya dukung pondasi yang tepat. Desain pondasi hanya berdasarkan pengalaman pribadi, sehingga penulis menganggap hal ini perlu di angkat karena pondasi menjadi landasan terpenting dari keberhasilan dalam bangunan sipil.

Perkiraan penurunan yang terjadi pada pondasi tiang merupakan masalah yang rumit yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti terjadinya gangguan pada tegangan tanah pada saat pemancangan dan ketidakpastian mengenai distribusi dan posisi pengalihan beban (load transfer) dari tiang ke tanah, salah satu metode yang digunakan untuk menghitung penurunan pada pondasi tiang tunggal adalah menggunakan metode empiris(Yuliawan, 2018).

2.2. Penyelidikan Tanah

Kegiatan penyelidikan tanah digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah sehingga dapat ditentukan jenis pondasi dan kedalaman pondasi yang aman, semakin besar kadar air akan mengakibatkan derajat kejenuhan meningkat, angka pori akan membesar, berat volume kering menurun dan tegangan air pori negatif akan mengecil. Kadar air mengakibatkan perubahan kekuatan tanah lempung atau kohesi tanah. Penambahan kadar air akan menurunkan nilai kohesi tanah begitu pula sebaliknya, pengurangan kadar air akan meningkatkan nilai kohesi tanah. Dengan adanya perubahan nilai kohesi tanah maka akan mempengaruhi daya

dukung friction pile, karena daya dukung friction pile merupakan fungsi dari kohesi. Semakin besar nilai kohesi tanah maka daya dukung friction pile juga semakin besar. Perubahan parameter tanah akibat adanya variasi kadar air menyebabkan daya dukung friction pile berubah. Semakin besar kadar air mengakibatkan daya dukung friction pile semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Panjang tiang pancang yang berada pada lapisan tanah yang basah mempengaruhi daya dukung friction pile. Semakin panjang tiang pancangnya, maka semakin besar penurunan daya dukungnya. Mengurangi kompresibilitas tanah dapat mengurangi penurunan yang diakibatkan oleh beban pondasi dan struktur, mengurangi permeabilitas juga dapat mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung), yang berpengaruh terhadap daya dukung tanah.

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong antara partikel-partikel padat tersebut. Deformasi pemampatan tanah yang terjadi memperlihatkan gejala yang elastis, sehingga bila beban itu diadukan maka tanah akan kembali pada bentuk semula (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1990).berikut adalah klasifikasi dan karakteristik tanah :

1. Karakteristik tanah

- a. Tanah Granuler Tanah granuler seperti pasir, kerikil, batuan dan campurannya pada umumnya mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik.
- b. Tanah Kohesif Kohesif didefinisikan sebagai karakteristik fisik yang terdapat pada kumpulan partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas atterberg (batas konsistensi) yang pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan setiap butiran mikroskopisnya.
- c. Tanah Lanau Lanau adalah material yang butiran-butirannya lolos saringan no. 200 (dalam setiap ukuran 1” mempunyai lubang 200 buah).

d. Tanah Organik Bahan-bahan organik dapat terdiri dari sisa-sisa tumbuhan atau hewan. Jumlah bahan organik dinyatakan dalam istilah kadar organik, yaitu nilai banding antara berat bahan organik terhadap contoh tanah kering (*oven*).

2. Klasifikasi tanah

a. Klasifikasi tanah berdasarkan tekstur Ukuran batas dari butiran tanah berdasarkan tekstur oleh sistem USDA: Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm Lanau: butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.

b. Klasifikasi tanah berdasarkan pemakaiannya Kekuatan Geser Tanah (Shear Strength)

$$\tau_f = c + \sigma \tan \theta$$

Dimana:

c : Kohesi tanah yang sebenarnya

θ : Sudut geser tanah

σ : Tegangan normal yang bekerja

2.3. Pemboran (*boring*)

Tes Boring adalah pekerjaan pengambilan sample tanah asli untuk mengetahui kondisi tanah per-layer dan jika dimungkinkan sampai ke tanah keras. Dalam boring ini sekaligus dilakukan dengan tes Undisturbed dan Disturbed Sampling serta SPT (standard penetration test) disetiap interval 2 m. Hal ini mengacu sesuai dengan prosedur ASTM D.1586, dengan berat hammer adalah 63,5 kg dan tinggi jatuh bebas hammer adalah 76 cm. Biasanya untuk pelaksanaan tes digunakan Hammer Otomatis. Contoh tanah yang diperoleh dari tabung SPT, dimasukan dalam kantong plastik dan diberi label nama sesuai dengan nilai/jumlah pukulan, kedalaman dan nomor bornya. Contoh tanah yang diperoleh dari SPT tersebut bisa digunakan untuk visual description maupun uji laboratorium bila diperlukan. Tahapan pelaksanaan boring yaitu : melakukan pengumpulan data lapangan yang akan digunakan sebagai area pembangunan

gedung, menentukan satu titik untuk test boring, memasang peralatan pada titik tersebut, pengeboran dilakukan terus menerus dengan cara rotary core drilling. Pengeboran ini dilaksanakan dengan sistem Rotary Drilling, tabung inti (Core Barrel) yang digunakan adalah Single Core Barrel Ø 73 mm, panjang 1,5 m.

2.4. Standart Penetration Test (SPT)

Standart Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukan suatu alat yang dinamakan split spoon kedalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kerapatan relatif (relative density), sudut geser tanah (ϕ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk penentuan harga N (Sosrodarsono, 1983).

Tabel 2.1: Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk penentuan harga N (Sosrodarsono, 1983).

Klasifikasi	Hal-hal yang perlu di perhatikan	
Hal yang perlu di pertimbangkan secara menyeluruh dari hasil-hasil survey sebelumnya	Unsur tanah, variasi daya dukung vertical (kedalaman permukaan dan susunannya). Adanya lapisan lunak (ketebalan konsolidasi atau penurunan). Kondisi drainase dan lain-lain.	
Hal-hal yang perlu diperhatikan langsung	Tanah pasir (tidak kohesif)	Berat isi sudut geser dalam, ketahanan terhadap penurunan dan daya dukung tanah
Tanah lempung (kohesif)	Keteguhan, kohesi, daya dukung dan ketahanan terhadap hancur	

Angka penetrasi sangat berguna sebagai pedoman dalam eksplorasi tanah dan untuk memperkirakan kondisi lapisan tanah. Hubungan antara angka penetrasi standart dengan sudut geser tanah dan kepadatan relatif untuk tanah berpasir, secara perkiraan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 : Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser dalam dan kepadatan relatif pada tanah pasir (Das, 1985).

Angka Penetrasi Standart, N	Kepadatan Relatif Dr (%)	Sudut Geser Dalam (°)
0 – 5	0 – 5	26 – 30
5 – 10	5 – 30	28 – 35
10 – 30	30 – 60	35 – 42
30 – 50	60 – 65	38 – 46

- Kepadatan relatif SPT lapisan pasir
 - N : 0 – 4 Sangat lepas.
 - N : 4 – 10 Lepas.
 - N : 10 – 30 Sedang.
 - N : 30 – 50 Padat.
 - N : > 50 Sangat padat.
- Kepadatan relatif SPT lapisan lempung
 - N : 0 – 2 Sangat lunak.
 - N : 2 – 4 Lunak.
 - N : 4 – 8 Sedang.
 - N : 8 – 15 Keras/ Kaku.
 - N : 15 - 30 Sangat keras.
 - N : > 30 Padat.

Tujuan dari percobaan SPT ini adalah untuk menentukan kepadatan relatif lapisan tanah dari pengambilan contoh tanah dengan tabung sehingga diketahui jenis tanah dan ketebalan tiap-tiap lapisan kedalaman tanah dan untuk memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah serta menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi yang biasa sulit dia mbil sampelnya. Dalam perhitungan daya dukung aksial tiang pancang ini, metode yang akan digunakan antara lain dengan Metode Meyerhof 1976, Metode Briaud Et Al dan Metode Tomlinson.

2.5. Pondasi Tiang

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunanbangunan

tingkat yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain:

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah disekitarnya.
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan (Hardiyatmo, 2002).

Tipe Tiang Fondasi

Tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut :

1. Tiang perpindahan besar (large displacement pile), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah
2. Tiang perpindahan kecil (small displacement pile) adalah sama seperti tiang kategori pertama, hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil
3. Tiang tanpa perpindahan (non displacement pile) terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah (Randyanto dkk., 2015).

2.6. Klasifikasi Pondasi Tiang

Berdasarkan metodenya,pondasi tiang pada umumnya diklasifikasi atas:

1. Tiang pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan baja dan digunakan untuk menyalurkan beban-beban dari konstruksi di atasnya melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah ke lapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung lebih tinggi yang relatif cukup dalam dibanding pondasi dangkal, berfungsi untuk menyalurkan dan menstransmisikan beban dari struktur atas melewati tanah lunak kelapisan tanah keras. Hal ini merupakan distribusi

vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang.

2. Tiang bor

Pondasi tiang bor (*bored pile*) adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya. *Bored pile* dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Fungsinya pondasi ini untuk mentransfer beban-beban dari atas ke lapisan tanah. Bentuk distribusi beban dapat berbentuk beban vertikal melalui dinding tiang. Dengan kata lain daya dukung tiang dapat dikatakan merupakan kombinasi tahanan selimut dengan tahanan ujung tiang.

2.7. Penggolongan Pondasi Tiang

Dalam menentukan kapasitas daya dukung tiang diperlukan penggolongan tiang dalam mendukung beban yang bekerja.

Menurut Terzaghi, klasifikasi tiang didasarkan pada pondasi tiang yaitu :

1. Tiang gesek (*friction pile*), bila tiang pancang pada tanah berbutir. Akibat pemancangan tiang, tanah disekitar tiang menjadi padat. Porositas dan kompresibilitas tanah akibat getaran pada waktu tiang dipancang menjadi berkurang, dan angka gesekan antara butir-butir tanah dan permukaan tiang pada arah lateral menjadi bertambah.
2. Tiang lekat (*cohesion pile*), bila tiang dipancang pada tanah lunak (permeabilitas rendah) atau tanah mempunyai kohesi yang tinggi.
3. Tiang mendukung dibagian ujung tiang (*point/end bearing pile*), bila tiang dipancang dengan ujung tiang mencapai tanah keras sehingga seluruh tiang yang dipukul oleh tiang diteruskan ke tanah keras melalui ujung tiang.
4. Tiang tekan, bila tiang pancang pada tanah berbutir mendapat gaya yang bekerja dari lendutan momen yang mengakibatkan tiang mengalami gaya tarik (Muharram & Faisal, 2018).

2.8. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah konstruksi yang terbuat kayu, beton, dan/atau baja yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung struktur/bangunan bila lapisan kuat terletak sangat dalam. Alasan memilih untuk menggunakan pondasi tiang antara lain :

Dapat melimpahkan beban ke lapisan tanaah pendukung yang kuat.

1. Dapat menahan gaya angkat.
2. Dapat menahan gaya horizontal.
3. Dapat memadatkan tanah pasir lepas.
4. Dapat mengurangi bahaya erosi.
5. Dapat menahan beban melalui gesekan antara tanah dan pondasi

Tiang pancang yang biasa digunakan adalah tiang pancang pracetak yaitu tiang dari beton yang dicetak di suatu tempat dan kemudian diangkut ke lokasi rencana bangunan.

Keuntungan penggunaan tiang pancang ini antara lain :

- a. Bahan tiang dapat diperiksa sebelum pemancangan.
- b. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
- c. Tiang pancang dapat dipancang sampai kedalaman yang dalam.
- d. Pemancangan tiang dapat menambah kepadatan tanah granuler.

Kerugian pemakaian tiang pancang pracetak, antara lain :

- a. Peggembungan permukaan tanah dan gangguan tanah akibat pemancangan dapat menimbulkan masalah.
- b. Kepala tiang kadang-kadang pecah akibat pemancangan.
- c. Pemancangan sulit, bila diameter terlalu besar.
- d. Pemancangan menimbulkan gangguan suara, getaran, dan deforms tanah yang dapat menimbulkan kerusakan bangunan di sekitarnya.
- e. Banyaknya tulangan dipengaruhi oleh tegangan yang terjadi pada waktu pengakuan dan pemancangan tiang (Annizaar,dkk., 2014).

2.9. Metode Pemasangan

Material pembentuk tiang pancang beton yang banyak digunakan masyarakat saat ini adalah berupa baja tulangan dan tulangan spiral dengan ukuran tertentu sesuai kebutuhan, serta beton dengan mutu tertentu sesuai kebutuhan. Ukuran penampang tiang pancang dan panjang tiang pancang juga disesuaikan dengan kebutuhan pasar terkait dengan jenis bangunan yang akan dibangun di tapak. Jenis penampang tiang pancang dapat berbentuk segitiga, segiempat dan lingkaran. Tiang pancang boleh dipancang setelah berumur > 28 hari dari waktu pembuatannya.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pemasangan pondasi tiang pancang adalah pemasangan setiap satu tiang harus dilaksanakan sekaligus dan tidak boleh ditunda atau diteruskan keesokan hari, karena akan menyebabkan pergeseran tiang; tiang harus dipancang dengan cermat dan tepat pada titik-titik sesuai pada gambar kerja; pemasangan tiang harus sampai lapisan tanah keras sesuai data-data dari hasil penyelidikan tanah yang sudah dilakukan sebelum pekerjaan pondasi dimulai; tiang harus dipancang betul-betul tegak lurus dan tepat, karena kemiringan akan menyebabkan bahaya konstruksi pada bangunan.



Gambar 2.1: Tiang pancang beton dengan penampang segitiga dan segi empat (Beton Elemindo Perkasa, 2008)(Nurdiani, 2013).

2.10. Metode Pelaksanaan Pemancangan

Pondasi tiang pancang harus memiliki kapasitas struktural yang cukup untuk memikul seluruh beban (vertikal, lateral, dan lain-lain) dan momen yang akan ditransfer ke tanah. Terdapat beberapa jenis pondasi tiang yang lazim digunakan diantaranya:

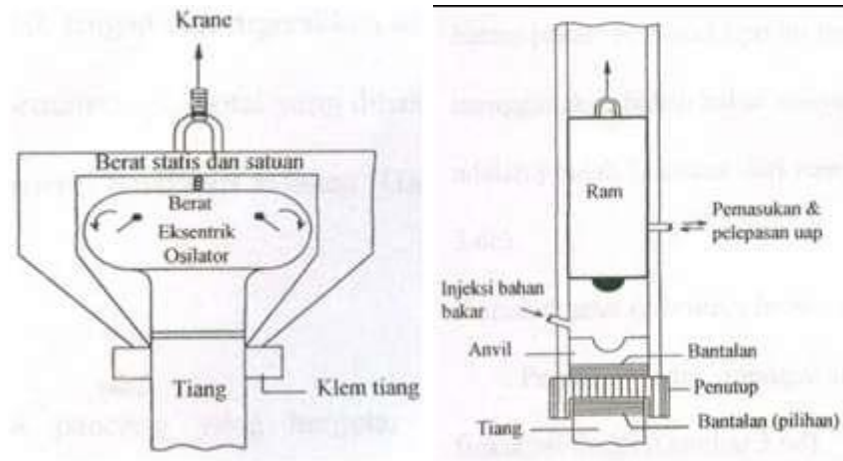
- a. Tiang profil baja
- b. Tiang pipa cor di tempat
- c. Tiang kayu
- d. Tiang beton

Dengan bermacam jenis yaitu tiang beton pracetak, tiang beton prategang, tiang beton pracetak, tiang beton cor di tempat. Untuk melakukan pemancangan Pondasi tiang di lapangan, diperlukan peralatan pemancangan tiang. Peralatan pemancang tiang tersebut umumnya terdiri dari derek, palu tiang, bantalan, dan pengarah tiang. Palu tiang merupakan bagian yang unik dari perlengkapan pemancangan Pondasi tiang. palu tiang memiliki dua fungsi sebagai berikut.

1. merupakan alat yang digunakan untuk alat pemancang tiang, Bagian– bagian alat pancang tiang, yaitu:
 - a) Pengarah tiang (pile leads)
 - b) Topi / helm tiang
 - c) Palu (hammer)

Jenis–jenis alat pancang berdasarkan cara kerjanya:

- a) Palu jatuh/palu gravitasi (drop hammer/gravity hammer)
- b) Single acting power driven hammer
- c) Double acting power driven hammer
- d) Diesel power driven hammer
- e) Palu hidrolik(hydraulic hammers)
- f) Vibratory memancang tiang.



Gambar 2.2:Skema Pemukul Tiang,(Hardiyatmo,2002).

2. Sebagai instrumen pengukuran yang digunakan untuk menentukan daya dukung yang diberikan oleh tiang.
 - a) Pembedaan alat dari jenis ukurannya
 - b) Drop hammer

Yang dimaksud dengan Drop hammer adalah alat pancang yang terdiri dari palu baja yang berat dan digerakkan oleh kabel baja. Hammer diangkat dengan kabel dan dilepaskan dari dan keatas kepala pondasi.

a. Single acting steam hammer

Single acting adalah sebuah palu atau disebut juga Ram yang dijatuhkan secara bebas. Ram diangkat dengan uap atau kompresor udara. Gerakan Ram diatur oleh piston yang bergerak turun naik dengan tekanan uap atau udara yang diatur melalui katup. Piston dihubungkan dengan sebatang pipa yang digunakan sebagai tempat bergantung Ram. Jika uap dimasukkan kedalam tabung tempat piston berada, maka piston akan bergerak keatas. Sesudah piston berada pada puncak tabung, maka katup akan jatuh bebas kebawah dan memukul kepala pondasi.

b. Double acting steam hammer

Jatuhnya ram pada double acting steam hammer sama dengan cara jatuhnya ram pada single acting stream hammer. Ram pada single acting steam hammer dijatuhkan oleh piston dengan tabung uap. Sedangkan Ram pada Double acting steam hammer dijatuhkan oleh tekanan uap dan udara. Dengan kata lain bahwa uap memberi tekanan dua kali lebih besar kepada piston, baik saat mengangkat

maupun saat jatuh. Jika gerakan piston lebih cepat maka gerakan turun naik Ram akan lebih sering, disamping energi pukulan semakin besar. Untuk besaran energi yang sama yang dihasilkan oleh Ram jumlah pukulan per menit, kira-kira dua kali jumlah pukulan pada Single acting steam hammer.

c. Single Acting Diesel Hammer

Pemancangan pondasi dengan Diesel hammer adalah pemancangan dengan Ram yang bergerak sendiri dengan mesin diesel tanpa diperlukan sumber daya dari luar seperti kompresor dan boiler. Hammer ini sederhana dan mudah bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain. Sebuah unit Diesel hammer terdiri atas vertical silinder, sebuah Piston atau Ram, sebuah anvil, tangki minyak, dan pelumas. Pompa solar, Injector, dan Pelumas mekanik. Untuk Single Acting Diesel Hammer cara kerjanya adalah dengan menggunakan pembakaran bahan bakar untuk memberi energi tambahan selama bergerak ke bawah untuk bergerak ke atas dalam memancang tiang.

d. Double Acting Diesel Hammer

Cara kerjanya sama dengan single acting diesel hammer, kecuali udara yang terperangkap menyimpan dan melepaskan energi selama operasi.

e. Vibratory

Pemancangan dengan alat Vibratory sangat efektif karena berkecepatan tinggi dan ekonomis, efektif khusus pada pemancangan tanah non kohesif jenuh air, daripada pemancangan dipasir yang kering. Tanah yang sejenis, tanah keras yang sangat kohesif. Pemancangan dengan vibratory dilengkapi dengan poros horizontal untuk memberikan beban eksentris. Poros berputar sepasang dengan dorongan langsung pada kecepatan yang bervariasi sampai mencapai 1000 rpm (rotasi permenit). Tenaga yang dihasilkan dengan berat rotasi membuat getaran yang digunakan untuk memancang tiang masuk kedalam tanah. Pengaruh tanah, khususnya tanah jenuh air, mengurangi gesekan pada kulit antara tanah dan pondasi. Kombinasi berat dari pondasi dan perlengkapan pemancangan yang ditempatkan diatas pondasi akan mempercepat pemancangan pondasi.

f. Hydraulic pile driving

Hydraulic pile driving adalah alat yang menggunakan tekanan statik yang tinggi untuk memancang tiang dalam dengan perlahan dan tanpa mengeluarkan

suara. Mekanisme kerja alat ini adalah dengan memindahkan atau menarik tiang pancang, menjepitnya agar tegak, dan memberikan tekanan pada tiang tersebut sampai mencapai tanah keras. Hydraulic pile driving juga dapat memancang tiang lingkaran dan tiang baja H hanya dengan mengganti sistem penjepitan sesuai jenis tiang (Sombah dkk., 2016).

2.11. Metode pemancangan dengan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)

Alat *Hydraulic Static Pile Driver* terdiri dari beberapa sub mesin yang memiliki fungsi kerja masing-masing berbeda. Sehingga setiap sub-mesin memiliki metode kerja masing-masing yang digabungkan kemudian menjadi kesatuan metode kerja pemancangan. Penempatan sistem penekan *hydraulic* yang senyawa dan menjepit pada dua sisi tiang menyebabkan didapatkannya posisi titik pancang yang cukup presisi dan akurat. Ukuran diameter piston mesin *hydraulic jack* tergantung dengan besar kapasitas daya dukung mesin tersebut. Sebagai pembebanan, ditempatkan balok-balok beton atau plat-plat besi pada dua sisi bantalan alat yang pembebanannya disesuaikan dengan muatan yang dibutuhkan tiang.

Keunggulannya tiang pancang metode *hydraulic jack in*:

- 1) Bebas getaran.
- 2) Bebas pengotoran lokasi kerja dan udara serta bebas dari kebisingan.
- 3) Daya dukung aktual pertiang diketahui

Dengan *hydraulic jack in*, daya dukung setiap tiang dapat diketahui dan dimonitor langsung dari manometer yang dipasang pada peralatan *hydraulic jacking system* sepanjang proses pemancangan berlangsung.

- 4) Harga yang ekonomis

Teknologi *hydraulic jacking* ini tidak memerlukan pemasangan tulangan ekstra penahan *impack* pada kepala tiang seperti pada tiang pancang umumnya.

- 5) Lokasi kerja yang terbatas

Dengan tinggi alat yang relative rendah, *hydraulic jacking system* ini dapat digunakan pada *basement*, *ground floor* atau lokasi kerja yang terbatas, Alat

hydraulic jacking system ini dapat dipisahkan menjadi beberapa komponen sehingga memudahkan untuk dapat dibawa masuk atau keluar lokasi kerja.

Kekurangan tiang pancang metode *hydraulic jack in*:

- a. Apabila terdapat batu atau lapisan tanah keras yang tipis pada ujung
- b. Tiang yang ditekan, maka mengakibatkan kesalahan pada saat pemancangan.
- c. Sulitnya mobilisasi alat pada daerah lunak ataupun pada daerah
- d. berlumpur.
- e. Karena *hydraulic jacking* ini mempunyai berat sekitar 360 ton dan saat permukaan tanah yang berbeda daya dukungnya, maka hal tersebut
- f. akan dapat mengakibatkan posisi alat pancang menjadi miring bahkan tumbang, sehingga sangat berbahaya terhadap keselamatan pekerja.
- g. Pergerakan alat *hydraulic jacking* ini sedikit lambat, proses pemindahannya relatif lama untuk pemancangan titik yang berjauhan.

Adapun jenis pekerjaan pemancangan oleh alat *Hydraulic Static Pile Driver* meliputi:

1. *Move To The Point*

Moving to the point merupakan proses Bergeraknya alat *hydraulic static pile driver* ke titik yang telah ditentukan. Alat ini bergerak menggunakan kaki rel yang disebut *Long Boat* untuk bergerak arah depan– belakang dan menggunakan kaki rel yang disebut *Short Boat* untuk bergerak arah kanan-kiri. Gambar titik pancang yang telah ditentukan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Titik pancang yang di tentukan.

2. *Lifting Pile, Clamping & Piling*

Lifting Pile merupakan pekerjaan mengangkat tiang pancang yang sudah siap untuk diletakkan pada *clamping box* untuk dipancang. Tiang pancang yang sudah dilansir dan siap untuk dipancang, kemudian dipasangkan kabel dari mesin *crane* untuk kemudian diangkat dan dipasangkan pada mesin *clamp box*. Pekerjaan ini dilakukan setelah *move to the point* dan juga pada saat proses pemancangan, yaitu untuk tiang pancang sambungan. Gambar *Lifting Pile* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: *Lifting Pile*.

Clamping (jepit) merupakan sistem pegangan yang digunakan oleh alat ini, menggunakan elemen alat bernama *clamping box*. Setelah tiang dijepit maka tiang ditekan dengan mesin *hydraulic* yang dikendalikan oleh operator. Kecepatan proses tekan tiang pancang ini bervariasi tergantung kapasitas mesin pancang dan jenis tanah yang dipancang. Gambar *Lifting Pile* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Campling & Piling.

3. *Joint Pile (Welding)*

Welding (pengelasan) dilakukan untuk menyambung tiang pancang yang membutuhkan kedalaman yang tidak bisa dijangkau menggunakan tiang pancang tunggal (*single*). Karena produksi tiang pancang terbatas oleh kapasitas panjang kendaraan angkut tiang pancang tersebut. Jenis sambungan berupa lapisan plat baja diujung tiang pancang yang membutuhkan sambungan. Gambaran sambungan dan pengelasan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Sambungan & Pengelasan.

4. *Doli*

Sub-pekerjaan ini adalah bagian dari pemancangan yang berfungsi sebagai penambah kedalaman tiang pancang apabila tiang pancang yang tertanam belum sampai dengan kuat tekan yang diinginkan kedalaman tiang pancang ditambahkan dengan dibantu dengan tiang pancang yang tidak lagi digunakan yang kemudian dicabut kembali sehingga akan menyisakan lubang pada tanah yang ditanam tiang pancang. Perhitungan durasi proses ini sama saja dengan durasi pemancangan (*clamp & piling*). Gambaran lubang akibat proses *Dolly* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7: Akibat Proses Dolly.

5. *Cutting Pile*.

Pekerjaan ini timbul jika kedalaman tiang pancang, kekerasan tanah maupun kuat tekan yang tertera pada manometer di ruang operator sudah tercapai namun tiang pancang masih tersisa diatas tanah, maka sisa tiang pancang tersebut harus dipotong untuk mempermudah pergerakan alat tersebut sendiri. Untuk *hydraulic static pile driver type* tidak tersedia alat potong yang bergabung dengan elemen *clamp*, sehingga pemotongan/*cutting*/bobok beton dilakukan secara manual dengan pahat beton, palu besi, dan las listrik untuk memotong *strand* yang dipasang didalam tiang pancang. Gambaran pemotongan sisa beton tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8: Pemotongan sisa beton tiang pancang.

Pemotongan sisa beton tersebut menyisakan sisa beton, sehingga sisa beton tersebut harus diangkat menggunakan *crane*. Gambaran pengambilan sisa beton dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9: Pengambilan Sisa Beton.

Jenis-jenis pekerjaan tersebut memiliki durasi pekerjaan yang berbeda satu dengan yang lainnya, sehingga perlu dianalisis bagaimana metodenya agar mendapatkan durasi 1 siklus pemancangan 1 titik pancang pada suatu proyek (Hakim & Akbar, 2018).

2.2.Kapastitas Daya Dukung

Daya dukung pondasi tiang pancang dapat ditentukan berdasarkan tahanan ujung (*End Bearing*) dan pelekatan (*Friction*) tiang dengan tanah. Kapasitas daya dukung Pondasi tiang dapat diketahui dengan menganalisa data SPT hasil pengujian tanah lapangan yang sudah didapat, atau dengan mengujinya menggunakan tes PDA (*Pile Driving Analysis*) (Zakahfi,dkk., 2018).

2.12.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Hasil SPT

SPT banyak sekali digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung. Beberapa persamaan yang dikemukakan adalah metode Meyerhof 1967,metode Briaud et al, metode Tomlinson. Metode ini telah dipakai secara meluas untuk daya dukung tiang tunggal.

A. Metode Meyerhof 1976 mengemukakan persamaan untuk menghitung daya dukung tiang berdasarkan data SPT (Purba dkk., 2017). Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_p = C.N.A_p \text{ syarat } C \geq 40$$

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad f_s = 0,204 \times N'$$

$$A_s = D \cdot \pi \cdot L$$

$$N' = \frac{N_0 + N_1}{n}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{3}$$

Dimana :

Q_p = Daya dukung ultimate ujung tiang.

N = Nilai penetrasi baku

A_p = Luas dasar piler.

D = Diameter piler.

Q_s = Daya dukung ultimate akibat gesekan disepanjang tiang.

L = Kedalaman penyelidikan dilapangan.

A_s = Luas permukaan tiang pancang.

Q_u = Daya dukung ultimate

Q_a = Daya dukung ijin

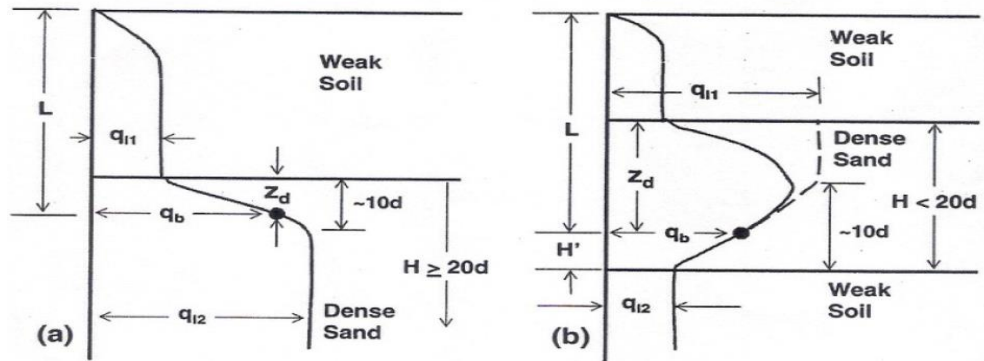
N = Nilai SPT

C = Koefisien tanah

K = Koefisien tanah

Fs = Skin Friction.

N' = Nilai rata - rata N SPT sepanjang batang.



Gambar 2.10: Tahanan Ujung tiang dan kedalaman pada tanah pasir diantara tanah lunak : a Lapisan pasir tebal; b Lapisan pasir tipis.

Dengan C = koefisien tanah:

Jenis Tanah	K (t/m^2)
Lempung	12
Lanau berlumpung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40

B. Metode briaud et all :

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

* Untuk daya dukung ujung tiang :

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (\bar{N}_{60})^{0,36}$$

Dimana:

\bar{N}_{60} = Nilai rata - rata angka penetrasi di ujung tiang (sekitar 10D diatas 4D dibawah ujung tiang).

σ_r = tekanan atmosfer (100 kn/m² Atau 2000 lb/ft²) Daya dukung friksi tiang pancang

$$Q_s = F_{av} \cdot A_s$$

$$F_{av} = 0.224 \cdot P_a \cdot (\bar{N}_{60})^{0.29}$$

Dimana :

P_a = tekanan atmosfer (100 kn/m² atau 200 lb/ft²)

Untuk metode briaud et all tidak ada perbedaan antara daya dukung pada tanah pasir dan lempung. Di Indonesia umumnya di ambil persamaan :

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F_s} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

C. Metode Thomlinson

Berdasarkan metode Tomlinson, perhitungan daya dukung ujung pondasi (*end bearing*) dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

a. Pada tanah kohesif

$$Q_p = A_p \times C_u \times N_c$$

b. Pada tanah non kohesif

$$Q_p = A_p \times \sigma_v' \times N_q$$

Keterangan :

C_u = Kohesi tanah yang terdapat pada ujung tiang bor.

N_c = Faktor daya dukung di bawah ujung tiang bor.

σ_v' = Tegangan vertikal efektif tanah (ton/m²).

N_q = Faktor daya dukung (Nilai N_q bisa diperoleh dari Tabel)

Untuk perhitungan daya dukung selimut (*skin friction*) dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Q_s = f \times L_i \times A_{st}$$

Nilai tahanan satuan *skin friction* antara tanah kohesif dan non kohesif berbeda, dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

a. Pada tanah kohesif

$$f = \alpha \times c_u$$

b. Pada tanah non kohesif

$$f = K_o \times \sigma_v' \times \tan \phi$$

Keterangan:

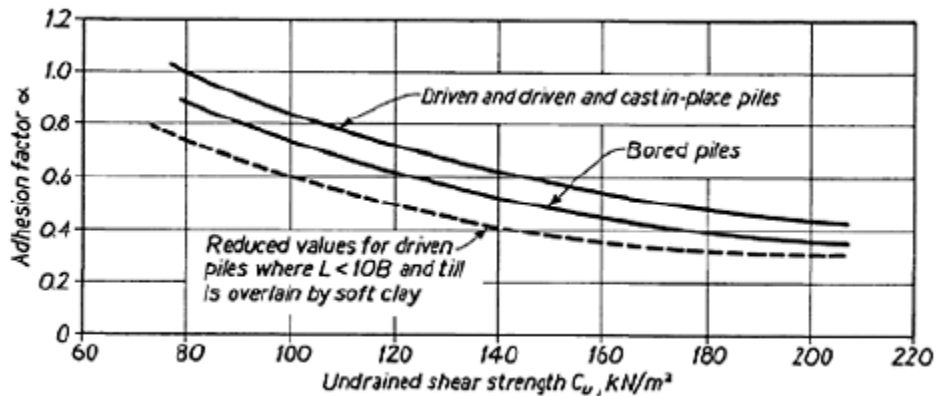
$$K_o = 1 - \sin \phi$$

σ_v' = Tegangan *vertical* efektif tanah (ton/m^2).

α = Faktor adhesi.

c_u = Kohesi tanah (ton/m^2).

Faktor adhesi menurut Tomlinson dapat diperoleh dari Gambar 2.11.



Gambar 2.11: Berdasarkan data *Pile Driving Analyzer* (PDA).

2.13. Pile Driving Analyzer (PDA)

Uji PDA adalah uji beban secara dinamik yang dilakukan untuk mendapatkan daya dukung aksial tiang daya dukung ujung (*end bearing*) maupun daya dukung friksi (*friction bearing*). Berdasarkan pengukuran strain dan gaya. Dalam melaksanakan pengujian PDA Test maka harus mempersiapkan peralatan sebagai berikut:

- Peralatan pemancangan dengan energi pemancangan yang mencukupi sesuai dengan besarnya kapasitas aksial tiang yang ingin dicapai.
- Accelerometer dan transducer yang digunakan PDA Test harus sudah dikalibrasi oleh lembaga yang diakui, hal ini bisa dibuktikan dengan menunjukkan surat kalibrasi.
- Jika tidak menggunakan casing permanen maka bagian atas tiang harus mencapai 2 kali diameter tiang di atas permukaan tanah. Daerah ini disebut dengan "test area". Sebelum peralatan dipasang dan pengujian dilakukan engineer harus memeriksa "test area".

- d. Daerah sekitar tiang yang akan diuji harus dibersihkan sehingga memberi ruang kerja yang baik untuk melaksanakan pengujian.
- e. Untuk mendapatkan permukaan tiang bor yang rata, solid maka beton harus di level dengan atau diatas casing.
- f. Berat hammer minimal 1-2% dari kapasitas tiang, atau jika ditentukan oleh engineer. Bentuk hammer harus bentuk yang umum dipakai seperti bujur sangkar, hexagonal, dan lingkaran. Luas impak (*impacting surface*) berkisar antar 70% sampai 139% dari luas penampang tiang.
- g. Tinggi jatuh hammer antara 1.0-2.0 meter tergantung pada arahan engineer.
- h. Pada kepala tiang digunakan pile cushion dari plywood dengan ketebalan 2 sampai 6 inchi (50 mm sampai 150 mm).

Alat-alat yang dipersiapkan

- a. Pile Driving Analyzer (PDA).
- b. Dua calibrated strain transducers.
- c. Dua calibrated accelerometer.
 1. Sebelum pengujian dilakukan maka kontraktor harus mempersiapkan data-data seperti hasil boring tanah, mutu beton, data hammer. Engineer harus melakukan analisis persamaan gelombang untuk menentukan peralatan pemancangan yang dibutuhkan. Sehingga berat ram yang digunakan tidak terlalu kecil atau terlalu besar.
 2. Pengujian harus dilakukan sesuai dengan prosedur pengujian standard.
 3. Jika tidak diperlukan casing maka bagian atas tiang harus 2 kali diameter di atas permukaan tanah. Permukaan penampang tiang harus dibuat level dan halus.
 4. Jika menggunakan casing maka sebelum pengujian di buat lubang dengan ukuran 150 mm x 150 mm secara diametral berlawanan satu dengan yang lain. Permukaan beton pada bagian lubang tersebut harus rata sehingga sensor yang akan dipasang dapat dipasang dengan baik. Sensor harus dipasang ke baja jika persentase impedansi baja cukup tinggi dan jika casing permanen cukup panjang di bawah sensor.
 5. Jika tidak menggunakan casing maka permukaan pondasi bor harus diratakan dengan grenda sehingga sensor dapat dipasang dengan baik.

6. Sensor dipasang pada titik yang ditentukan oleh engineer. Sensor harus terpasang dengan baik sehingga tidak terjadi slip ketika pengujian dilakukan.
7. Minimal 2(dua) pemukulan dilakukan kepada kepala tiang. Pukulan pertama dilakukan dengan tinggi minimal sehingga engineer dapat mengevaluasi peralatan pemancangan. Sistem pemancangan dan tegangan pada pondasi. Pukulan selanjutnya dilakukan dengan tinggih jatuh yang lebih besar dan dihentikan ketika tegangan melebihi atau ketika shaft permanent setelah mencapai 2,5 mm atau 1.0 inchi.

Percepatan dapat diperoleh daya dukung test PDA (*Pile Driving Analyzer*) yang bertujuan untuk:

a. Daya dukung aksial tiang pancang.

Penentuan daya dukung aksial tiang didasarkan pada karakteristik dari pantulan gelombang yang diberikan oleh reaksi tanah (lengketan dan tahanan ujung). Korelasi yang baik antara daya dukung tiang yang diberikan dari hasil PDA dengan cara statis yang konvensional telah diakui, yang membawa pada pengakuan PDA sebagai metode yang sah dalam ASTM D-4945-1996. Meski demikian, harus dicatat korelasi yang ditunjukkan dalam grafik didasarkan pada hasil pengujian jika daya dukung batas (ultimate) dicapai baik dengan PDA maupun dengan pengujian statis yang konvensional.

b. Keutuhan Tiang Pancang.

Kerusakan pada fondasi tiang dapat terjadi karena beberapa hal antara lain pada saat pengangkatan tiang atau selama pemancangan tiang. Untuk tiang bor, pengecilan penampang dan longsornya tanah adalah kerusakan yang paling umum dijumpai. Kerusakan ini dapat dideteksi dengan PDA. Berdasarkan gaya dan kecepatan yang terekam dari gelombang selama perambatannya sepanjang tiang, lokasi dari kerusakan dapat dideteksi dan luas penampang sisa dari tiang dapat diperkirakan. Jika hanya keutuhan tiang saja yang dibutuhkan, sebuah sub sistem dari PDA yang disebut *Pile Integrity Tester* lebih ekonomis untuk digunakan dari pada PDA.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian test PDA tersebut adalah:

1) Piling Driver Analyzer (PDA)



Gambar 2.12: Piling Driver Analyzer (PDA).

2) Dua (2) *strain transducer*



Gambar 2.13: Dua (2) *strain transducer*.

3) Dua (2) accelerometer

4) Kabel Penghubung

Persiapan Pengujian Test PDA (Pile Analyzer Test)

1) Penggalian tanah permukaan sekeliling kepala tiang, apabila kepala tiang sama rata permukaan tanah.

2) Pengeboran lubang kecil pada tiang untuk pemasangan strain transducer dan accelerometer.

3) Pemasangan instrument.

e. Informasi yang diperlukan dalam test PDA (*Pile Analyzer Test*)

1) Gambar yang menunjukkan lokasi dan identifikasi tiang.

2) Tanggal pemancangan.

3) Panjang tiang dan luas penampang tiang.

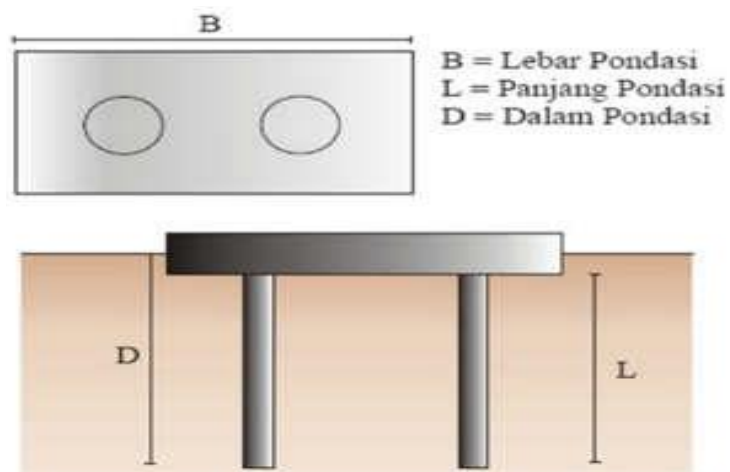
4) Panjang tiang tertanam.

f. Prosedur Pengujian Test PDA (*Pile Driver Analyzer*)

Pengujian dinamis tiang didasarkan pada analisis gelombang satu dimensi yang terjadi ketika tiang dipukul oleh palu. Regangan dan percepatan selama pemancangan diukur menggunakan strain transducer dan accelerometer. Dua buah strain transducer dan dua buah accelerometer dipasang pada bagian atas dari tiang yang diuji (kira-kira 1,5- x diameter dari kepala tiang). Pemasangan kedua instrument pada setiap pengukuran dimaksudkan untuk menjamin hasil rekaman yang baik dan pengukuran tambahan jika salah satu instrument tidak bekerja dengan baik. Pengukuran direkam oleh PDA dan dianalisis dengan Case Method yang sudah umum dikenal, berdasarkan teori gelombang satu dimensi (Jawat, n.d.).

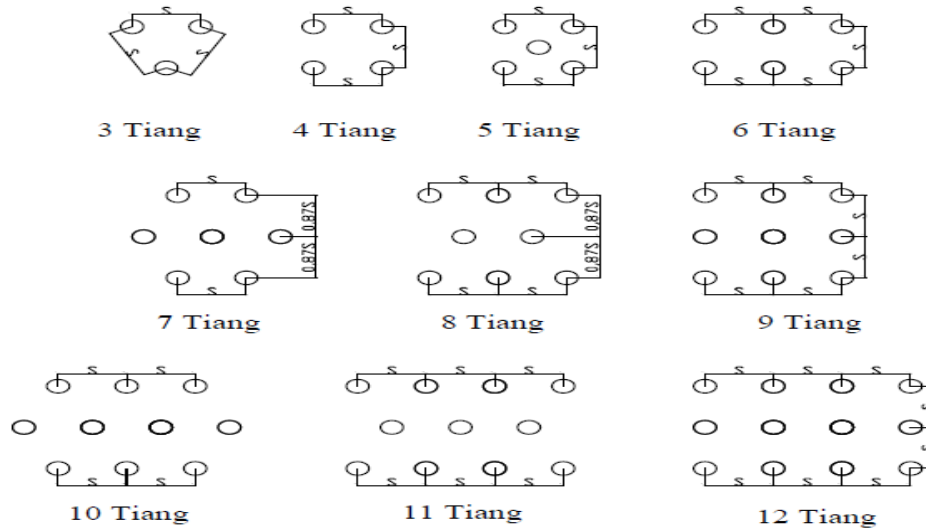
2.14. Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi Tiang

Pondasi tiang pancang yang umumnya dipasang secara berkelompok. Yang dimaksud berkelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu dibagian atasnya dengan menggunakan pile cap. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang (Priadi,dkk.).



Gambar 2.14: Kelompok Tiang.

2.14.1. Jarak Antara Tiang Dalam Kelompok



Gambar 2.15: Pola kelompok tiang.

Efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor yaitu :

- Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
- Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
- Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
- Urutan pemasangan tiang
- Macam tanah.
- Waktu setelah pemasangan.
- Interaksi antara pelat penutup tiang (pile cap) dengan tanah.
- Arah dari beban yang bekerja.

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang (Priadi & Bakar, 2017).

Seperti:

Converse – Labarre

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

dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

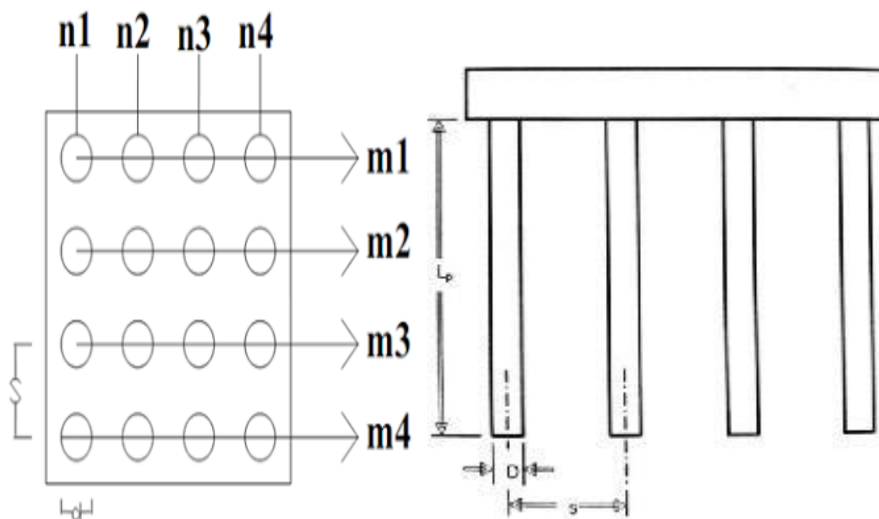
Θ = $\text{arc tg } \frac{d}{s}$, dalam derajat

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

d = Diameter tiang

s = Jarak pusat ke pusat tiang



Gambar 2.16: Definisi jarak s dalam hitungan efisiensi tiang.

Metode los angeles group-(Saputro, 2001):

$$E_{pg} = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m} \{ m(n - 1) + (m - 1) + \sqrt{2(m - 1)(n - 1)} \}$$

dimana :

E_{pg} = Nilai efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

m = jumlah baris

d = diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

2.14.2. Kapasitas Kelompok Tiang

Dalam menentukan daya dukung, tidak cukup hanya dengan meninjau daya dukung satu tiang (*single pile*). Sebab daya dukung kelompok tiang belum tentu sama dengan daya dukung satu tiang dikalikan dengan jumlah tiang. Terdapat dua cara dalam menentukan daya dukung kelompok tiang (*Pondasi Tiang Pancang – Ir. Hardjono HS*), yaitu :

1. Berdasarkan cara pemindahan beban
2. Berdasarkan beban yang diijinkan di atas satu tiang

Berdasarkan Cara Pemindahan Beban Perhitungan daya dukung kelompok tiang ditinjau dari cara pemindahan beban dilakukan berdasarkan acuan yang bersumber pada buku *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1 – Ir. Sardjono HS*, yaitu:

a. Point Bearing Piles

$$P_{ng} = \eta_{pile} \times P_n$$

Dimana :

P_{ng} = daya dukung kelompok tiang (KN)

P_n = daya dukung tiang tunggal/single pile (KN)

η_{pile} = jumlah tiang pancang

b. Friction Piles (faktor keamanan 3)

$$P_{ng} = \frac{1}{3} [c \times N_c \times A + 2(B + Y) \times L \times c]$$

Dimana :

P_{ng} = daya dukung yang kelompok tiang ijin (KN)

c = kekuatan geser tanah

N_c = faktor daya dukung ang dapat diperoleh dari grafik menurut “Skempton”

A = luas kelompok tiang

B = lebar kelompok tiang

Y = panjang kelompok tiang

L = panjang tiang Berdasarkan Beban yang Diijinkan di Atas Satu Tiang.

Berdasarkan beban yang diijinkan di atas satu tiang perhitungan daya dukung kelompok tiang ditinjau dari beban yang diijinkan di atas satu tiang dilakukan

berdasarkan acuan yang bersumber pada buku Pondasi Tiang Pancang Jilid 1 – Ir. Sardjono HS, yaitu:

$$Q_{pg} = \eta_{pile} \times P_n$$

Dimana :

Q_{pg} = daya dukung kelompok tiang (KN)

P_n = daya dukung tiang tunggal/single pile (KN)

η_{pile} = jumlah tiang pancang

2.14.3. Kapasitas Dimensi *Pile Cap*

Pile cap merupakan salah satu elemen penting dari suatu struktur. Hal ini dikarenakan *pile cap* memiliki peranan penting dalam pendistribusian beban struktur ke tiang pancang untuk kemudian diteruskan ke dalam tanah. *Pile cap* digunakan sebagai pondasi untuk mengikat tiang pancang yang sudah terpasang dengan struktur yang berada di atasnya.

Perencanaan dimensi *pile cap* yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari *Pile Design and Construction Practice – Fifth Edition, Michael Tomlinson & John Woodward*, yaitu sebagai berikut :

1. *Pile Cap* dengan Tiga Tiang

a. Panjang *Pile Cap*

$$l_w = [k+1] \times D + 300 \text{ mm}$$

dimana :

l_w = panjang *pile cap* (mm)

k = variabel jarak *pile cap*

D = diameter *pile* (mm)

b. Lebar *Pile Cap*

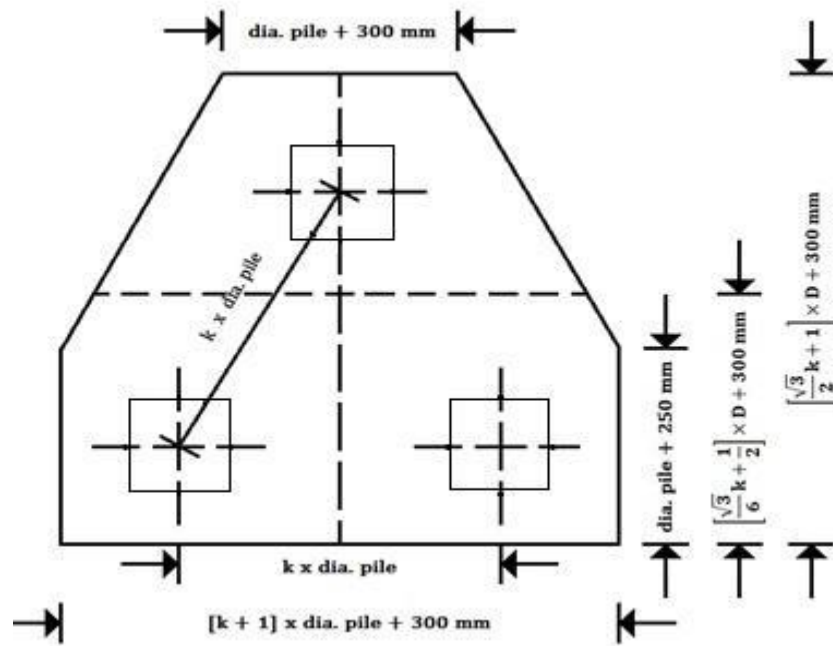
$$b_w = \left[\frac{\sqrt{3}}{2} k + 1 \right] \times D + 300 \text{ mm}$$

dimana :

b_w = lebar *pile cap* (mm)

k = variabel jarak *pile cap*

D = diameter *pile* (mm)



Gambar 2.17: Pile Cap dengan Tiga Tiang.

2. Pile Cap dengan Enam Tiang

a. Panjang Pile Cap

$$l_w = [2k+1] \times D + 300 \text{ mm}$$

dimana :

l_w = panjang pile cap (mm)

k = variabel jarak pile cap

D = diameter pile (mm)

b. Lebar Pile Cap

$$b_w = [k+1] \times D + 300 \text{ mm}$$

dimana :

b_w = lebar pile cap (mm)

k = variabel jarak pile cap

D = diameter pile (mm)

2.14.4. Faktor Aman Tiang

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

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

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

- Untuk dasar tiang tanpa pembesaran dibagian bawah

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

2.15. Gaya Lateral Ijin

Beban *lateral* dan momen dapat bekerja pada pondasi tiang akibat gaya gempa, gaya angin pada struktur atas, dan beban statik. Misalnya tekanan aktif tanah pada *abutment* jembatan atau pada *soldier pile*, tumbukan kapal, dan lain-lain. Perkiraan nilai kapasitas dukung *lateral* pondasi tiang, dapat dihitung dari data fisik pondasi dan parameter tanah, dengan menerapkan prinsip-prinsip mekanika.

2.15.1. Karakteristik Tiang Pancang Tahanan Beban Lateral Ultimit

Untuk menentukan besar tahanan ultimit tiang yang mendukung beban lateral, perludiketahui factor kekakuan tiang, R dan T. Faktor ini dipengaruhi oleh kekakuan tiang (EI) dan kompresibilitas tanah (modulus tanah), K. Jika tanah berupa lempung kaku OC, Faktor kekakuan untuk modulus tanah konstan (R). Untuk menghitung besarnya daya dukung akibat gaya lateral, harus ditentukan terlebih dahulu tiang yang direncanakan termasuk tiang panjang atau tiang pendek.

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I}{k_s \cdot B}}$$

dimana :

E_p = modulus elastisitas tiang (ton/m^2)

I_p = momen inersia (m^4)

k_s = modulus *subgrade* tanah dalam arah horisontal (ton/m^3)

B = diameter atau sisi tiang (m)

Tabel 2.3: Faktor Kekakuan.

Tipe Tiang	Modulus Tanah Bertambah Dengan Kedalaman	Modulus Tanah Konstan
Kaku	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Tidak Kaku	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5R$

Kriteria tiang kaku (pendek) dan tiang tidak kaku (panjang) berdasarkan faktor kekakuan diperlihatkan pada tabel di atas ini. (Aulia et al., n.d.) Sedangkan pada tanah lempung yang terkonsolidasi normal dan tanah berbutir kasar (tanah granular), nilai modulus subgrade umumnya meningkat terhadap kedalaman, sehingga digunakan kriteria lain, yaitu:

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}}$$

dimana:

E = modulus tiang

I = momen inersia tiang

η_h = konstanta modulus dari reaksi *subgrade* horizontal (kN/m³)

2.15.2. Tiang dalam tanah kohesif (metode broms)

Menurut Broms tahanan tanah kohesif atau lempung dianggap sama dengan nol ($\phi = 0$) di permukaan tanah sampai kedalaman 1,5 kali diameter tiang (1,5d) dan konstan sebesar 9 cu untuk kedalaman yang lebih besar dari 1,5d. Untuk tiang dalam tanah kohesif pengkaitan tipe tiang dan jepitan tiang berdasarkan factor tak berdimensi βL menurut *Broms* adalah sebagai berikut :

$$K = \frac{K_1}{1,5}$$

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

dimana :

K_h = modulus subgrade *lateral* (kg/cm^3)

K_1 = modulus subgrade Terzaghi (kg/cm^3)

b = koefisien untuk tanah kohesif

d = diameter tiang (cm)

E_p = modulus elastis tiang (kg/cm^2)

I_p = inersia penampang tiang (cm^4)

Nilai-nilai k_1 yang disarankan oleh Terzaghi (1955), ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

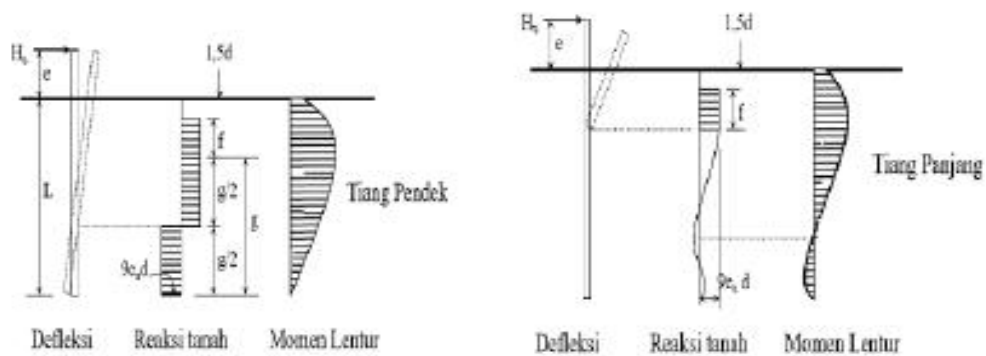
Tabel 2.4: Hubungan nilai k_1 Terzaghi.

Konsistensi	Kaku	Sangat Kaku	Keras
Kohesi Undrained(Cu) kn/m^2	100 - 200	200 - 400	> 400
$K_1, \text{MN/m}^3$	18 - 36	36 - 72	> 72
K_1 direkomendasikan, MN/m^3	27	54	> 108

Tiang ujung bebas dianggap sebagai tiang panjang (tiang kaku), $\beta L > 2,5$ Tiang ujung jepit berkelakuan seperti tiang pendek, $\beta L < 0.5$

a. Tiang Ujung Bebas

Mekanisme keruntuhan tiang ujung bebas untuk tiang panjang (tidak kaku) dan tiang pendek (kaku) diperlihatkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18: Mekanisme keruntuhan tiang ujung bebas untuk tiang pendek dan tiang panjang.

Pada gambar 2.21, f mendefinisikan letak momen maksimum, sehingga dapat diperoleh :

$$f = \frac{H_u}{(9 \cdot c_u \cdot d)}$$

dimana :

f = Letak momen maks di lintang nol (cm)

H_u = Gaya lateral ultimit (kg)

c_u = Kohesi undrained (kg/cm^2)

d = Diameter (cm)

Dengan mengambil momen terhadap titik dimana momen pada tiang maksimum, diperoleh :

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= H_u (e + 3d/2 + f) - 1/2 f (9c_u \cdot d \cdot f) \\ &= H_u (e + 3d/2 + f) - 1/2 f H_u \\ &= H_u (e + 3d/2 + 1/2 f) \end{aligned}$$

H_u = Gaya *lateral* ultimit (kg)

e = jarak titik beban ke muka tanah (cm)

f = letak momen maks di lintang nol (cm)

c_u = kohesi undrained (kg/m^2)

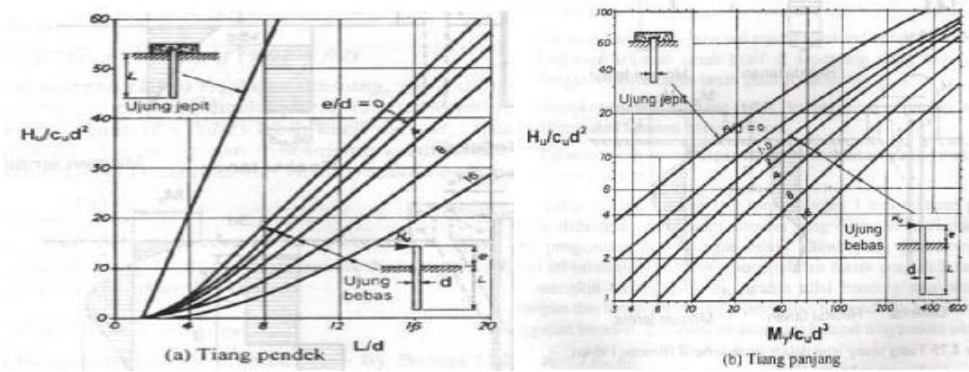
d = diameter (cm)

M_{max} = momen maksimum tiang (kg.cm)

Momen maksimum dapat pula dinyatakan oleh persamaan :

$$M_{\text{maks}} = (9/4) d \cdot g^2 \cdot c_u$$

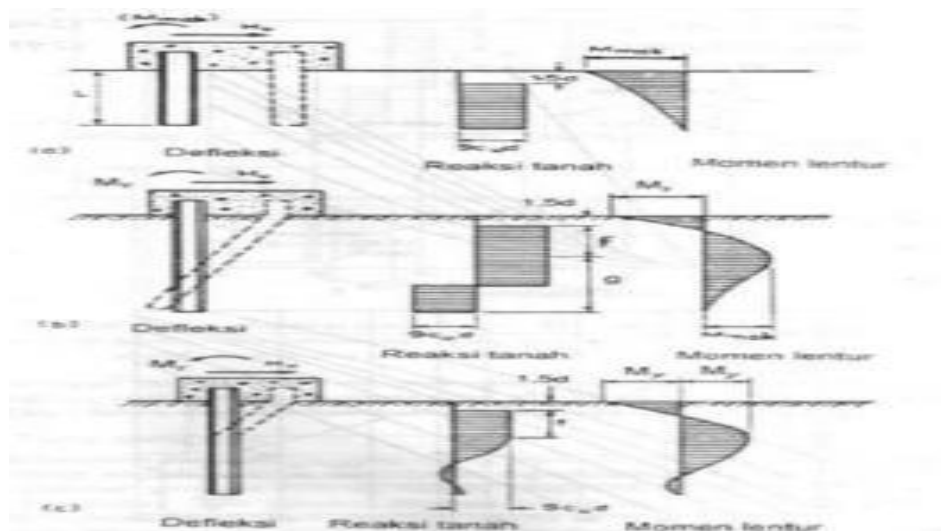
Karena $L = 3d/2 + f + g$, maka H_u dapat dicari menggunakan grafik seperti pada Gambar 2.19 untuk tiang panjang dan tiang pendek.



Gambar 2.19: Tahanan lateral ultimit tiang dalam tanah kohesif (Broms).

b. Tiang Ujung Jepit

Mekanisme keruntuhan tiang ujung jepit, diperlihatkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20: Mekanisme Keruntuhan tiang ujung jepit a. Tiang pendek, c.tiang panjang.

Untuk tiang pendek, dapat dihitung tahanan tiang ultimit terhadap beban lateral :

$$H_u = 9c_u d (L - 3d/2)$$

$$M_{maks} = H_u (L/2 + 3d/4)$$

dimana :

$$H_u = \text{gaya lateral ultimit (kg)}$$

$$L = \text{panjang tiang tertanam tanah (cm)}$$

C_u = kohesi undrained (kg/cm²)

d = diameter (cm)

M_{max} = momen maksimum tiang (kg.cm)

- Untuk tiang panjang sedang, dengan mengambil momen dari permukaan tanah :

$$M_y = (9/4) c_u d \cdot g^2 - 9c_u d \cdot f (3d/2 + f/2)$$

- Dari persamaan di atas H_u dapat dihitung dengan mengambil

$$L = 3d/2 + f + g,$$

- Untuk tiang panjang, H_u dinyatakan oleh persamaan

$$H_u = \frac{2 M_y}{\frac{3d}{2} + \frac{f}{2}}$$

Tiang Dalam Tanah Non Kohesif

Untuk tiang dalam tanah granuler ($C = 0$), Broms menganggap sebagai berikut, Distribusi tekanan tanah dapat dinyatakan dengan,

$$p_u = 3 p_o k_p$$

dimana :

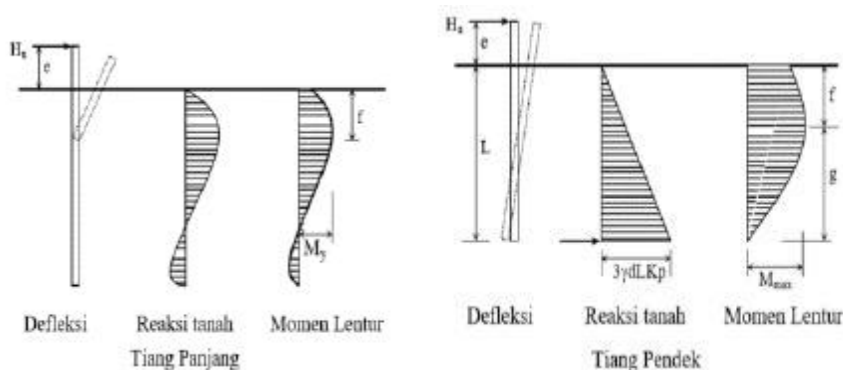
p_o = tekanan overburden efektif

k_p = koefisien tekanan tanah pasif

Φ = sudut gesek dalam tanah

a. Tiang Ujung Bebas

Estimasi bentuk keruntuhan tiang, diperlihatkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21: Mekanisme Keruntuhan Tiang Ujung Bebas Pada Tanah nonkohesif.

Pada tiang pendek, dengan mengambil momen terhadap ujung bawah,

$$Hu = \frac{\frac{1}{2} \gamma d L^3 k_p}{e + L}$$

dimana :

Hu = gaya *lateral* ultimit (kg)

L = panjang tiang tertanam tanah (cm)

Kp = koefisien tekanan tanah pasif

d = diameter (cm)

e = jarak titik beban ke muka tanah (cm)

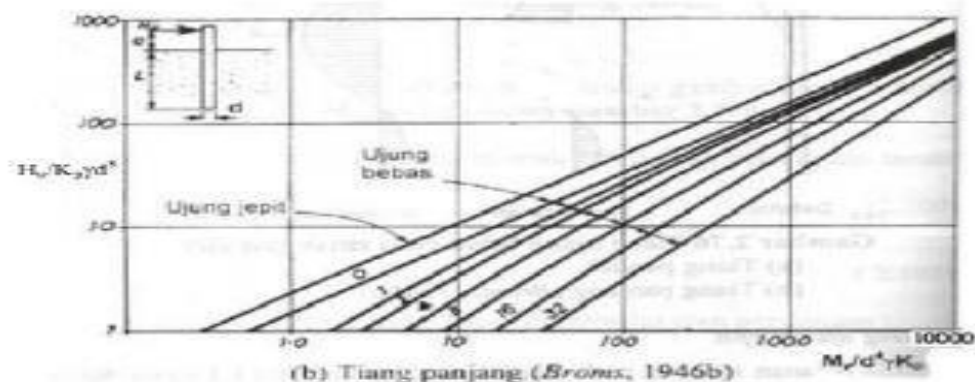
γ = berat volume tanah (kg/cm^3)

Momen maksimum yang terjadi pada jarak f dibawah permukaan tanah, dimana :

$$Hu = (3/2) \gamma d k_p f^2$$

$$\text{Dan } f = 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{d k_p \gamma}}$$

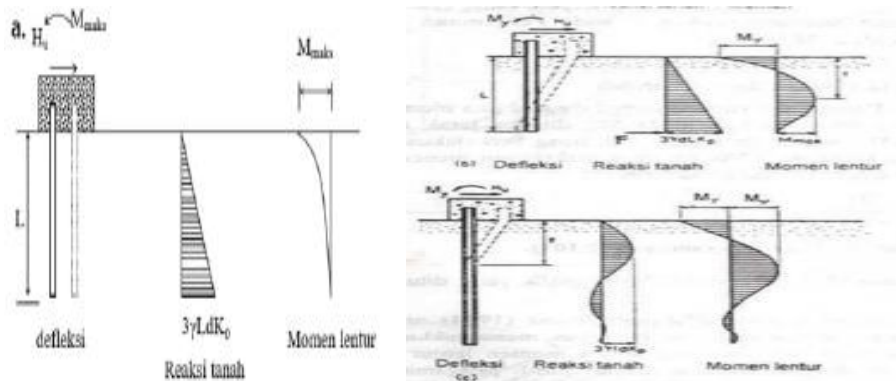
sehingga momen maksimum dapat dinyatakan, $M_{maks} = Hu (e + 2f/3)$ Persamaan untuk menghitung Hu dalam tinjauan tiang panjang diplot dalam garfik hubungan $Hu/(K_p \gamma d^3)$ dan $M_y/(d^4 \gamma K_p)$, ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.22 : Hubungan Momen Maksimum Tiang Panjang dengan Kapasitas *Lateral Ultimit*.

b. Tiang Ujung Jepit

Model keruntuhan untuk tiang-tiang pendek, sedang dan panjang, diperlihatkan pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23: Tiang Ujung Jepit Dalam Tanah non kohesif a. Tiang Pendek, b. Tiang Sedang, c. Tiang Panjang.

Beban lateral ultimit untuk tiang pendek dinyatakan oleh,

$$H_u = (3/2) \gamma d L^2 K_p$$

Momen yang terjadi pada kepala tiang,

$$M_{maks} = (2/3)H_u L$$

$$L = \sqrt{2/3} \sqrt{M_y / \gamma d K_p}$$

Jika $M_{maks} > M_y$, maka keruntuhan tiang akan berbentuk seperti tiang sedang, sehingga dapat diperoleh :

$$F = (3/2) \gamma d L^2 K_p - H_u$$

sehingga nilai H_u dapat dihitung dengan :

$$M_y = (1/2) \gamma d L^3 K_p - H_u L$$

Jika tiang panjang, H_u dapat diperoleh dari persamaan :

$$H_u = 2M_y / (e + 2f/3)$$

dimana :

H_u = Gaya lateral ultimit (kg)

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

d = Diameter (cm)

- e = jarak titik beban ke muka tanah (cm)
 γ = Berat volume tanah (kg/cm^3)
 M_y = Momen tahanan bahan tiang ($\text{kg}\cdot\text{cm}$)

2.16. Penurunan Tiang (*Pile Settlement*)

Terdapat dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan, yaitu besarnya penurunan yang akan terjadi dan kecepatan penurunan. Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan totalnya. Selain dari kegagalan daya dukung (*bearing capacity failure*) tanah, setiap proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan di dalam tanah. Perubahan tegangan pasti akan disertai dengan perubahan bentuk, umumnya ini yang menyebabkan penurunan pada pondasi (Hardiyatmo,1996). Penurunan pondasi yang terletak pada tanahberbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 (tiga) komponen. Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen penurunan tersebut, yaitu:

$$S = s_1 + s_2 + s_3$$

Dengan:

S = Penurunan total

s_1 = Penurunan batang tiang

s_2 = Penurunan tiang akibat beban titik ujung tiang

s_3 = Penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang

2.16.1. Perkiraan Penurunan Tiang Tunggal

Untuk tiang elastis Penurunan Segera atau Elastis (*Immediate/Elastic Settlement*) penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan. Termasuk penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-tanah berbutir halus yang tidak jenuh, karena penurunan terjadi segera setelah terjadi penerapan beban. Persamaan penurunan segera atau penurunan elastis dari pondasi yang diasumsikan terletak pada tanah yang homogen, elastis dan isotropis pada media semi tak terhingga, dinyatakan dengan:

$$S_1 = \frac{(Q_p + \xi Q_s) L}{A_p E_p}$$

Dimana:

Q_p = Kapasitas daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s = Kapasitas daya dukung tahanan kulit (ton)

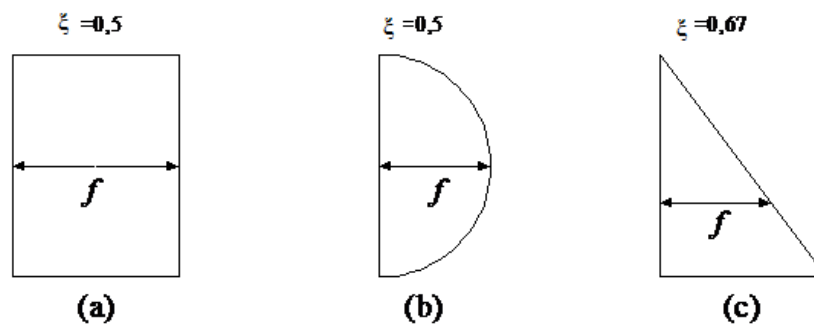
ξ = Koefisien dari *skin friction*

A_p = Luas penampang tiang (m^2)

E_p = Modulus elastisitas material tiang

L = Panjang tiang (m)

Nilai ξ tergantung kepada unit tahanan friksi (kulit) alami (*the nature of unit friction resistance*) pada sepanjang tiang terpancang di dalam tanah. Nilai $\xi = 0,5$ adalah dimana bentuk unit tahanan friksi (kulit) alami nya berbentuk seragam atau simetris, seperti persegi panjang maupun parabolik seragam, umumnya pada tanah lempung dan atau lanau. Nilai $\xi = 0,67$ adalah jika bentuk unit tahanan friksi(kulit) alami nya berbentuk segitiga, umumnya pada tanah pasir.



Gambar 2.24: Variasi jenis bentuk unit tahanan friksi (kulit) alami terdistribusi sepanjang tiang tertanam ke dalam tanah (*Bowles, 1993*).

Penurunan tiang yang ditimbulkan oleh beban pada ujung tiang dapat dinyatakan dalam bentuk yang sama seperti yang diberikan dalam pondasi dangkal: ξ

$$S_2 = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

$$q_{wp} = Q_P/A_P$$

Dimana:

D = lebar atau diameter tiang (m)

q_{wp} = beban titik persatuan luas ujung tiang (ton)

E_s = modulus young tanah (MN/m^2)

μ_s = nisbah Poisson tanah

I_{wp} = faktor pengaruh

Untuk tujuan praktis, I_{wp} dapat ditentukan sama dengan α sebagaimana digunakan pada penurunan elastik pondasi dangkal.

Tabel 2.5: Parameter Elastik Tanah.

Jenis Tanah	Modulus young, E_s		Nisbah poison, μ_s
	MN/m^2	$Lb/in.^2$	
Pasir lepas	10.35-24.15	1500-3500	0.20-0.40
Pasir padat medium	17025-27.60	2500-4000	0.25-0.40
Pasir padat	34.50-55.20	5000-8000	0.30-0.40
Pasir kelanauan	10.35-17.25	1500-2500	0.20-0.40
Pasir dan kerikil	69.00-172.50	10000-25000	0.15-0.40
Lempung lunak	2.07-5.18	300-750	
Lempung medium	5.18-10.35	750-1500	0.20-0.50
Lempung kaku	1.35-24.15	1500-3500	

2.17. Perangkat Lunak All Pile

Analisis menggunakan bantuan perangkat lunak All Pile dilakukan dengan cara melakukan penginputan data beban, parameter tanah termasuk nilai *NSPT*, data tiang, nilai Safety Factor. All Pile memperoleh nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan menggunakan metode Load Transfer. (Meisari & Yakin, 2017).

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.

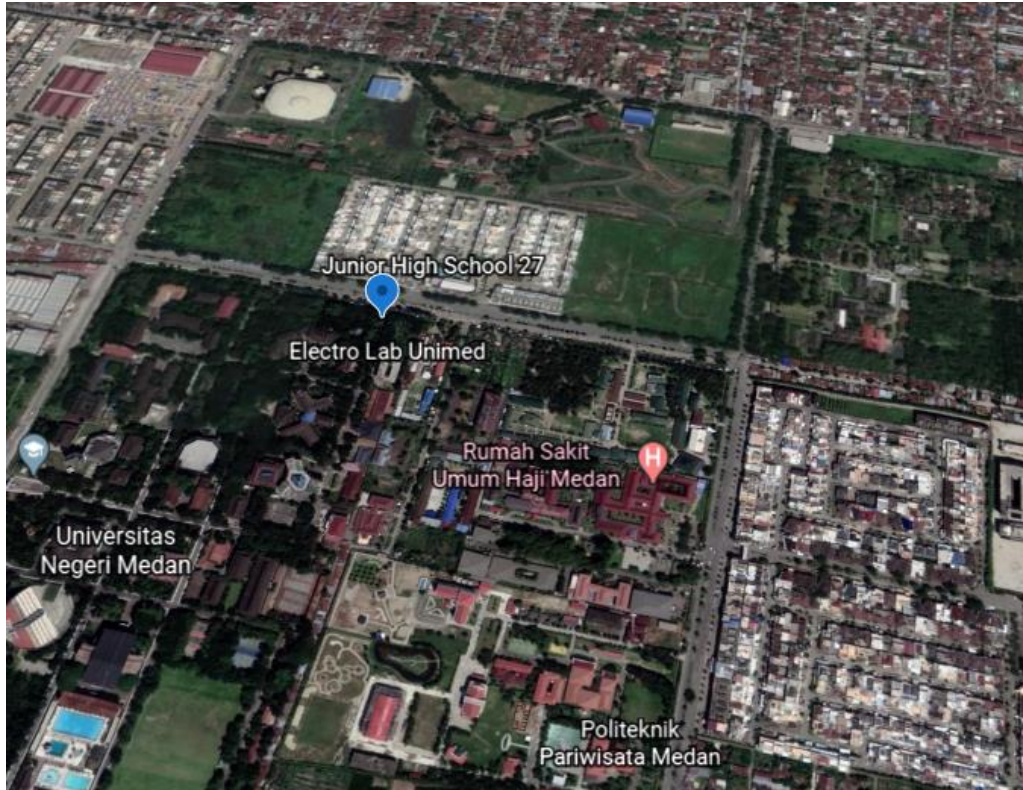
3.2. Data Teknis Tiang Pancang

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut :

1. Panjang Tiang Pancang : 16 m
2. Dimensi Tiang Pancang : 250 × 250 mm
3. Mutu Beton Tiang Pancang : K-300
4. Mutu Baja : - D (ulir) : BJTD 40
- Ø (polos) : BJTP 24
5. Diameter Tulangan : D16
: D10 dan D5,5 (Spiral)
6. Jumlah Tulangan Utama : 4 batang Ø16
7. Jumlah Strain : 4 batang Ø5,5
8. Detail Tiang Pancang : Dapat dilihat pada Gambar 3.3
9. Denah Titik Tiang Pancang : Dapat dilihat pada Lampiran
10. Detail Data SPT : Dapat dilihat pada Gambar 3.4

3.3. Denah Lokasi Proyek

Denah lokasi proyek yang penulis bahas dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Denah Lokasi.

3.4. Metode Pengumpulan Data

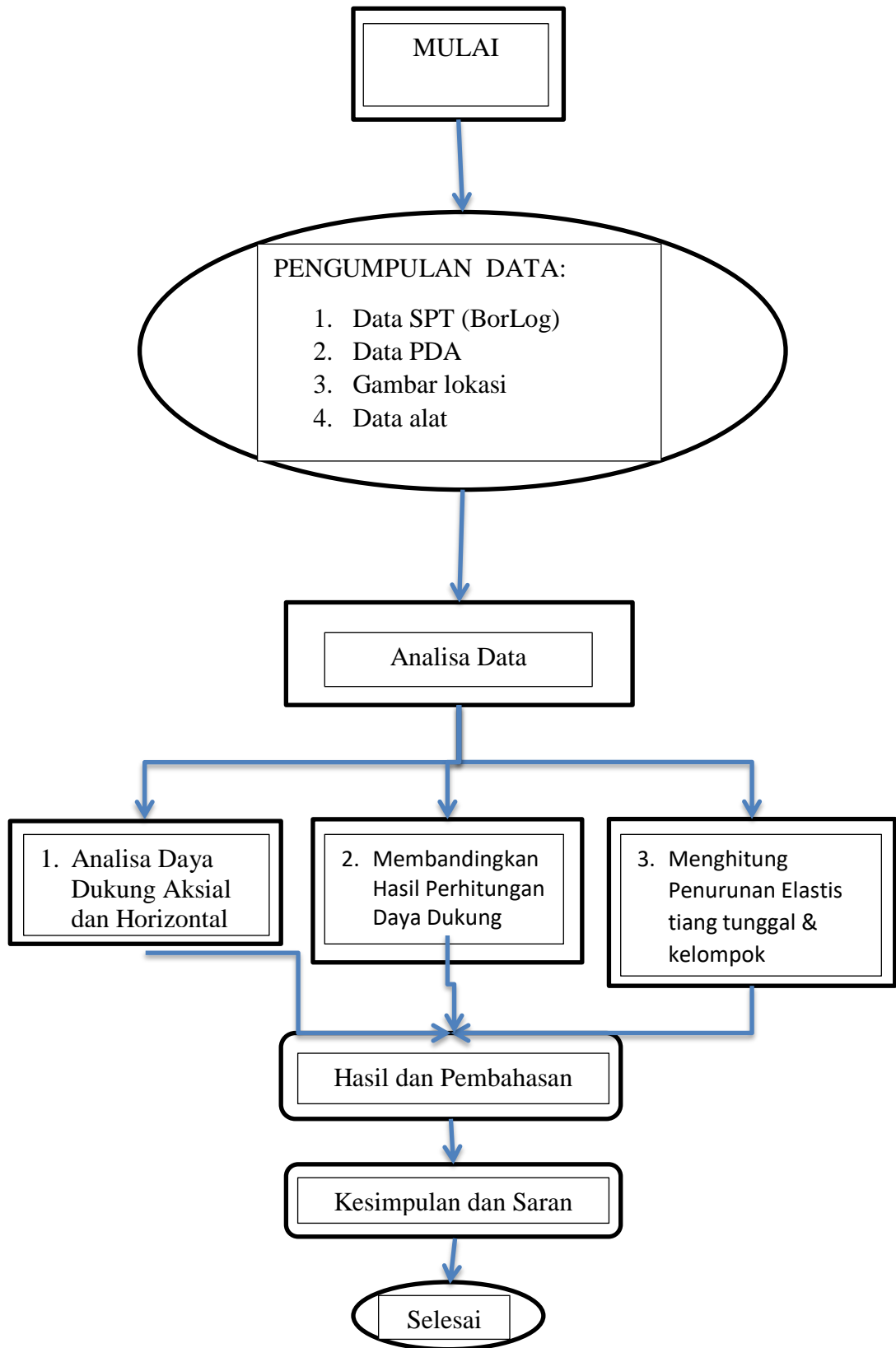
Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi Tiang Pancang pada proyek pembangunan Rumah Susun Unimed ini penulis memperoleh data antara lain dari Kontraktor Pelaksana PT. Razasa Karya diperoleh berupa data hasil sondir, hasil SPT, data laboratorium pemeriksaan tanah, data PDA dan gambar struktur.

3.5. Tahapan Penelitian

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

1. Menghitung kapasitas daya dukung Tiang Pancang dari data SPT di analisis numeric dengan metode ;

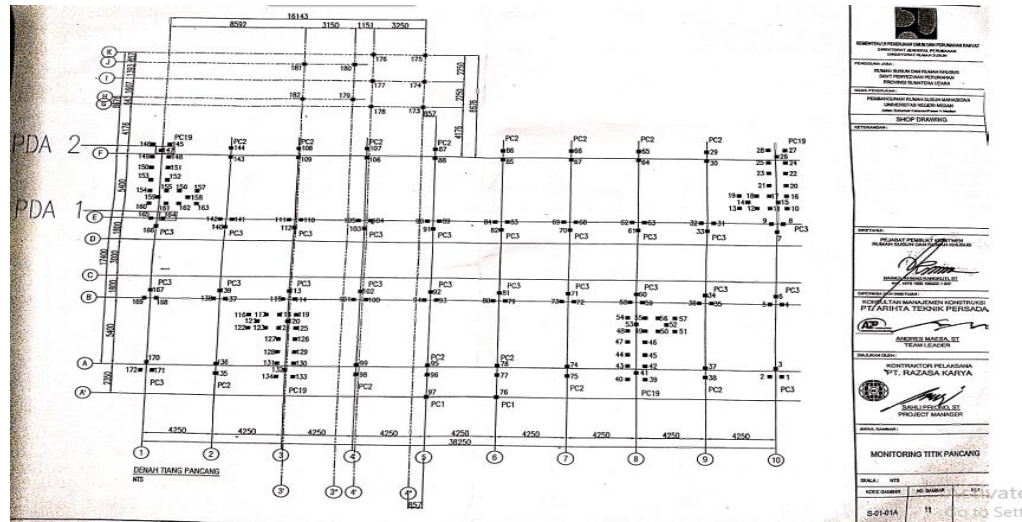
- a. Mayerhof 1976
 - b. Braiud et all
 - c. Tomlinson
 - d. Aplikasi
2. Menghitung perbandingan kapasitas daya dukung tiang pancang dengan hasil data PDA lapangan.
 3. Menghitung penurunan tiang tunggal (single pile) dan tiang kelompok.
- Keseluruhan kegiatan studi ini dapat di jabarkan ke bagan alir penelitian pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Bagan Alir.

3.6. Lokasi 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 sondir dan bor dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Titik tiang pancang & lokasi PDA.

3.7. Pengumpulan Data

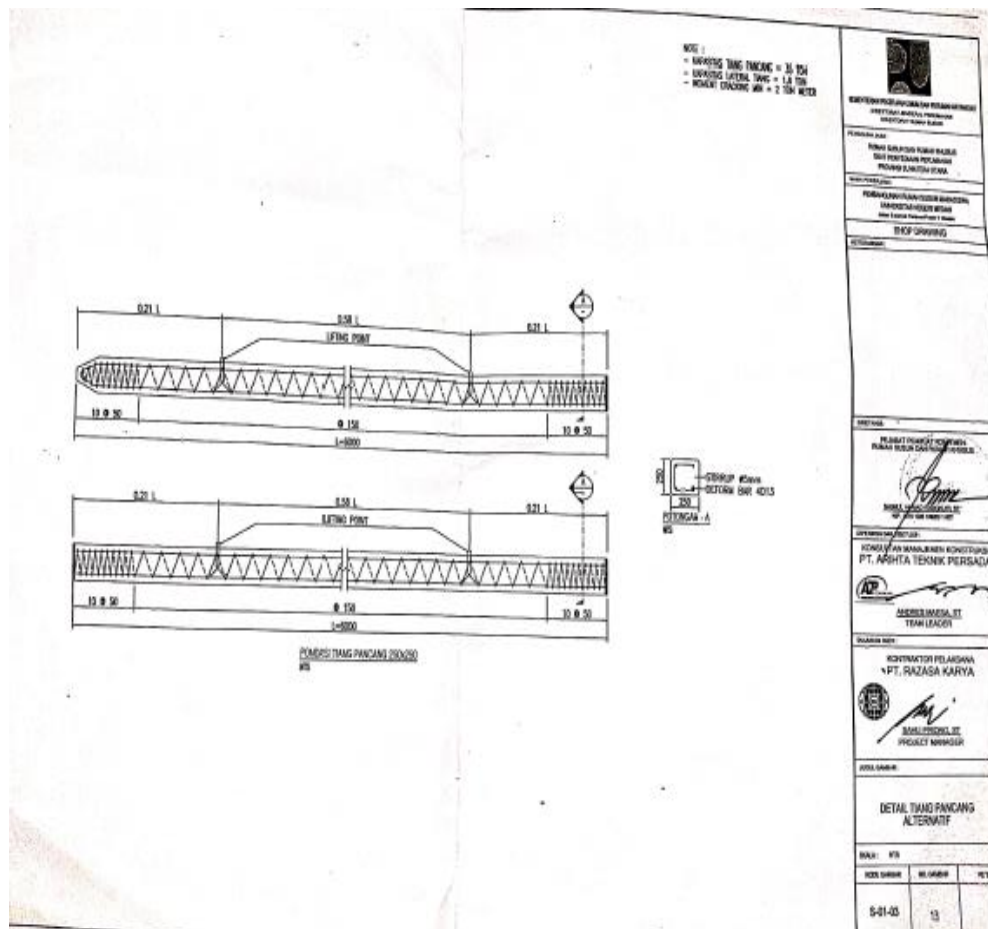
Metode pengambilan sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini berupa data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Adapun data-data yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini yaitu:

- Data Tanah
- Data Pembebanan Struktur Atas
- Data Struktur Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari suatu struktur bangunan berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah. dibawahnya. Dimana beban struktur itu sangat dipengaruhi oleh semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindah dan/atau

beban akibat air hujan pada atap (*beban hidup*), berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, finising, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut (*beban mati*) dan beban berfaktor. Dari semua pembebanan diatas akan menghasilkan pembebanan aksial dan akan ditransfer seluruhnya ke pondasi. Dengan adanya pembebanan struktur (Q) ini pada tiang pondasi, maka pondasi akan bergerak ke bawah sedangkan tanah relatif diam. Pada keadaan ini baik tahanan ujung tiang Q_b dan tahanan gesek tiang Q_s akan bekerja keatas, yaitu sebagai gaya perlawanan beban Q yang bekerja pada tiang.

Kapasitas ultimit tiang (Q_u) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tanah dan tanah disekitarnya. Dengan kata lain, agar struktur dikatakan aman, maka pembebanan struktur (Q) harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas ultimit tiang (Q_u).



Gambar 3.4: Detail Tiang Pancang.

Type	:	Concrete								
Ukuran	:	0.25 x 0.25								
Area	:	0,0625								
Perimeter	:	1,00								

DATA 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

Gambar 3.5: Detail Data SPT.

BAB 4

HASIL 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. Bentuk dari bangunan utama (Bangunan Rusunawa) tergolong simple, karena bangunan tersebut menggunakan beton precast pada pondasinya. Untuk mendukung kerja pondasi 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 hasil pemancangan;
4. Data PDA

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

- Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Data LAB

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

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. Metode Meyerhof 1976.

Perhitungan kapasitas daya dukung Tiang pancang per lapisan dari data SPT memakai metode Meyerhof 1976 dan data diambil pada titik pile cap (PC-3).

Tabel 4.2: nilai koefisien tanah menurut L.decourt.

Jenis Tanah	Nilai K (ton/m ²)
Lempung	12
Lanau Berlempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir	40

➤ **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 cm² = 0,0625 m²

Nilai N_{spt} = 5

Jenis Tanah = kohesif

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Meyerhof, 1976).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_p = C \times N \times A_p \quad \text{syarat } C \geq 40$$

- Menurut Mayerhof 1976 nilai c untuk tanah lempung adalah 12.

$$Q_p = 12 \times 5 \times 0,0625 \\ = 3,75 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1976).

Untuk tanah kohesif :

$$Q_s = \frac{N' \times A_s}{5}$$

$$A_s = D \times L$$

$$= 0,25 \times 4 \times 1$$

$$= 1 \text{ m}$$

$$N' = \frac{N_0 + N_1}{n}$$

$$= \frac{0+5}{1} = 5$$

$$Q_s = \frac{5 \times 1}{5} = 1 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1976, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 3,75 + 1$$

$$= 4,75 \text{ ton.}$$

➤ **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, 1976).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_p = C \times N \times A_p \text{ syarat } C \geq 40$$

- Menurut Mayerhof 1976 nilai c untuk tanah pasir adalah 40.

$$Q_p = 40 \times 28 \times 0,0625$$

$$= 70 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Meyerhof, 1976).

Untuk tanah Non kohesif :

$$Q_s = \frac{N' \times A_s}{5}$$

$$A_s = D \times L$$

$$= 0,25 \times 4 \times 16$$

$$= 16 \text{ m}$$

$$N' = \frac{N_0 + N_1}{n}$$

$$= \frac{5+8+8+3+4+7+9+9+8+28}{10} = 8,9$$

$$Q_s = \frac{8,9 \times 16}{5} = 28,48 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhof 1976, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 70 + 28,48$$

$$= 98,48 \text{ ton.}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F_s} = \frac{98,48}{2,5}$$

$$Q_{all} = 39,39 \text{ ton.}$$

B. Metode Briaud et all.

Perhitungan kapasitas daya dukung Tiang pancang per lapisan dari data SPT memakai metode Briaud et all dan data diambil pada titik pile cap (PC 3).

➤ Pada Kedalaman 1m.

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

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

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

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

$$= 25 \times 25$$

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

$$\text{Nilai } N_{spt} = 5$$

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

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (\bar{N}_{60})^{0,36}$$

Dimana :

\bar{N}_{60} = Nilai rata - rata angka penetrasi di ujung tiang (sekitar 10 D diatas 4D dibawah ujung tiang).

σ_r = tekanan atmosfer (100 kn/m² Atau 2000 lb/ft²)

\bar{N}_{60} = Nm x Cn x Ce x Cb x Cr x Cs

$$Cn = \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma v'}{Pa}}$$

$$Cn \leq 1,7$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Briaud et all).

$$QP = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (\bar{N}_{60})^{0,36}$$

$$q_p = 19,7 \cdot 10,197 \cdot (3,19)^{0,36}$$

$$= 304,916 \text{ ton}$$

$$QP = q_p \cdot A_p$$

$$QP = 304,916 \cdot 0,0625$$

$$QP = 19,06 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Briaud et all).

$$Qs = F_{Av} \cdot A_s$$

$$F_{Av} = 0,224 \cdot Pa \cdot (\bar{N}_{60})^{0,29}$$

$$F_{Av} = 0,224 \cdot 10,197 \cdot (3,19)^{0,29}$$

$$F_{Av} = 3,197 \text{ ton}$$

$$Qs = F_{Av} \cdot A_s$$

$$Qs = 3,197 \cdot (0,25 \times 4 \times 1)$$

$$Qs = 3,20 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Briaud et all, yaitu;

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 19.06 + 3.20 \\ &= 22.25 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F_s} = \frac{22.25}{3}$$

$$Q_{all} = 7,42 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 16m.**

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

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

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

$$\text{Nilai N}_{spt} = 28$$

$$\text{Jenis Tanah} = \text{non-koheisif}$$

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (\bar{N}_{60})^{0,36}$$

dimana:

\bar{N}_{60} = Nilai rata - rata angka penetrasi di ujung tiang (sekitar 10D diatas 4D dibawah ujung tiang).

σ_r = tekanan atmosfer (100 kn/m² Atau 2000 lb/ft²)

$$\bar{N}_{60} = N_m \times C_n \times C_e \times C_b \times C_r \times C_s$$

$$C_n = \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma_v'}{P_a}}$$

$$C_n \leq 1,7$$

- Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (*end bearing*), (Briaud et all).

$$QP = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (\bar{N}_{60})^{0,36}$$

$$q_p = 19,7 \cdot 10,197 \cdot (13,65)^{0,36}$$
$$= 514,738 \text{ ton}$$

$$QP = q_p \cdot A_p$$

$$QP = 514,738 \cdot 0,0625$$

$$QP = 32,17 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (Briaud et all).

$$Q_s = F_{Av} \cdot A_s$$

$$F_{Av} = 0,224 \cdot Pa \cdot (\bar{N}_{60})^{0,29}$$

$$F_{Av} = 0,224 \cdot 10,197 \cdot (13,65)^{0,29}$$

$$F_{Av} = 4,874 \text{ ton}$$

$$Q_s = F_{Av} \cdot A_s$$

$$Q_s = 4,874 \cdot (0,25 \times 4 \times 1)$$

$$Q_s = 77,99 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode Briaud et all, yaitu;

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 32,17 + 77,99$$

$$= 110,16 \text{ ton.}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F_s} = \frac{77,99}{2,5}$$

$$Q_{all} = 44,06 \text{ ton.}$$

C. Metode Tomlinson.

Perhitungan kapasitas daya dukung Tiang pancang per lapisan dari data SPT memakai metode tomlinson dan data diambil pada titik pile cap(PC 3).

➤ Pada Kedalaman 1m.

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

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

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

$$\text{Nilai N}_{spt} = 5$$

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

$$Q_p = A_p \times C_u \times N_c$$

$$\begin{aligned} C_u &= 2/3 \times N\text{-SPT} \times 10 \\ &= 2/3 \times 5 \times 10 \\ &= 33,33 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$N_c = y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$y = 14,83 + (20,01 - 20) \frac{(15,82 - 14,83)}{(21 - 20)}$$

$$y = 14,84$$

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

$$Q_p = A_p \times C_u \times N_c$$

$$Q_p = 0,0625 \times 33,33 \times 14,84$$

$$Q_p = 30,92 \text{ ton}$$

dimana:

C_u = kohesi tanah (undrained) kN/m^2

A_p = luas penampang tiang (m^2)

N_c = factor daya dukung

- Daya dukung selimut tiang pancang (skin friction), (tomlinson).

$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i$

dimana:

α = factor adhesi

L_i = panjang lapisan tanah (m)

P = keliling tiang (m)

C_u = kohesi tanah (undrained) kN/m^2

$$= \frac{2}{3} \times N\text{-SPT} \times 10$$

$$Q_s = 0,94 \times 33,33 \times 1 \times 1$$

$$Q_s = 31,33 \text{ ton}$$

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

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 30,92 + 31,33$$

$$= 62,25 \text{ ton.}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F_s} = \frac{62,25}{2,5}$$

$$Q_{all} = 24,9 \text{ ton.}$$

➤ **Pada Kedalaman 16m.**

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

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

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang pancang (A}_p) &= P \times L \\ &= 25 \times 25 \end{aligned}$$

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

Nilai N_{spt} = 28

Jenis Tanah = non kohesif

$$Q_p = A_p \times \sigma v' \times N_q$$

dimana:

$$\sigma v' = \text{tegangan vertikal efektif tanah (ton/m}^2\text{)}$$

N_q = faktor daya dukung

$$N_q = y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$y = 29,44 + (33,3 - 29,44) \frac{(34,99 - 34)}{(35 - 34)}$$

$$y = 33,261$$

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

$$Q_p = A_p \times \sigma v' \times N_q$$

$$= 0,0625 \times 33,03 \times 33,261$$

$$= 68,67 \text{ ton}$$

- Daya dukung selimut tiang pancang (*skin friction*), (tomlinson)

$$Q_s = K_0 \times \sigma v' \times \tan \phi \times p \times L_i$$

dimana:

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

$\sigma v'$ = tegangan vertical efektif tanah

α = faktor adhesi

C_u = kohesi tanah

$$Q_s = 0,66 \times 33,03 \times 0,35 \times 0,0625 \times 16$$

$$Q_s = 9,86 \text{ ton}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 68,67 + 9,86$$

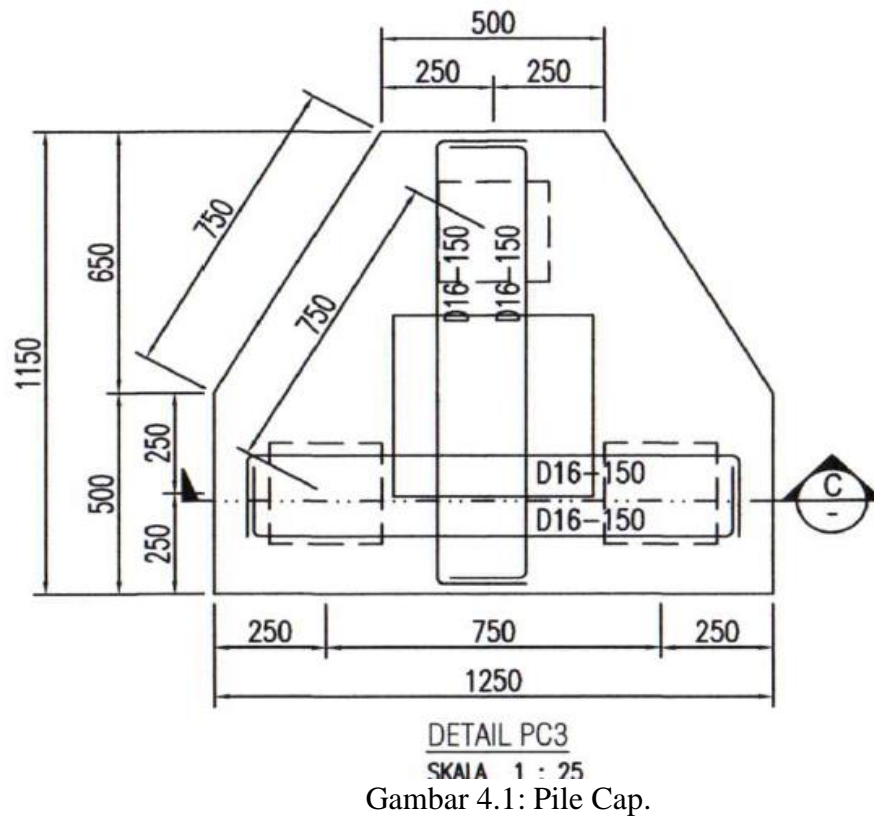
$$= 78,53 \text{ ton.}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F_s} = \frac{78,53}{2,5}$$

$$Q_{all} = 31,412 \text{ ton.}$$

4.3.1.2. Menghitung Efisiensi Dan Kapasitas Izin Kelompok Tiang

➤ Gambar kelompok tiang



➤ Efisiensi kelompok tiang

Efisiensi tiang menurut *Converse-Labarre Formula* adalah sebagai berikut:

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

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{s} = \theta = \tan^{-1} \frac{0,25}{0,75} = 18,43$$

$$E_g = 1 - 18,43 \frac{(1,00 - 1)3 + (3 - 1)1,00}{90 \cdot 3 \cdot 1,0} = 0,86$$

dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

θ = dalam derajat

s = jarak ke pusat tiang

d = diameter tiang

➤ **Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang**

Kapasitas izin kelompok tiang menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$$

$$Q_g = 0,86 \times 3 \times 31,412 = 81,04 \text{ ton}$$

Q_g = Kapasitas izin kelompok tiang

E_g = Efisiensi kelompok tiang

n = Jumlah tiang

Q_{all} = Daya dukung izin

Maka dari beberapa metode didapati hasil daya dukung tiang kelompoknya pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil Efisiensi Tiang Kelompok Metode Converse Labarre Formula.

Metode	Q_{all} (ton)	E_g	N	Q_g (ton)
Meyerhof 1976	39.339	0.86	3	101.62
Briaud et all	44.06	0.86	3	113.67
Thomlinson	31.412	0.86	3	81.04

4.3.1.3. Menghitung Kapasitas Daya Dukung lateral

A. Tiang ujung bebas tiang tunggal dan kelompok.

a) Menghitung daya dukung lateral tiang tunggal metode Broms.

$$K_h = \frac{K_1}{1,5}$$

dimana:

K1 = modulus subgrade Terzaghi (kg/cm³)

Tabel 4.4: Nilai Cu kohesi rata-rata.

Kedalaman	SPT	Cu
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
Cu rata -rata		59.33

$$59.33 \text{ Kn/m}^2 = 0.61 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.5: Nilai-nilai k1 yang disarankan oleh Tezaghi (1955).

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

Dipakai nilai K1 27 Mn/m³ = 2,7 kg/cm³

$$K_h = \frac{2,7}{1,5} = 1,8 \text{ kg/cm}^3$$

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

dimana:

K_h = modulus subgrade *lateral* (kg/cm³)

β = koefisien untuk tanah kohesif

d = diameter tiang (cm)

E_p = modulus elastis tiang (kg/cm²)

$$4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ mpa} = 235000 \text{ kg/cm}^2$$

I_p = inersia penampang tiang (cm⁴)

$$\frac{1}{12} \times bh^3 = \frac{1}{12} \times 25 \times 25^3 = 32552,08 \text{ cm}^4$$

➤ **Menentukan Tiang Panjang Atau Pendek**

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

$$\beta = \left(\frac{1,8 \cdot 25}{4 \cdot 235000 \cdot 32552,08} \right)^{1/4} = 0,0006192649 \text{ cm}$$

➤ **Tahanan momen (w)**

$$W = \frac{I_p}{b/2} = \frac{32552,08}{25/2} = 2604,166 \text{ cm}^3$$

$$fb = 0,40 \times f'c = 0,40 \times 25 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

➤ **Momen Maksimum Tiang**

$$M_y = fb \cdot W = 100 \times 2604,17$$

$$= 260416,67 \text{ kg.cm (pers1)}$$

➤ **Menentukan nilai Hu**

$$Hu = \frac{M_y}{\left(e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2} \cdot f \right)}$$

$$F = \frac{Hu}{9Cu \cdot b}$$

$$F = \frac{Hu}{9 \times 0,605 \times 25}$$

$$= \frac{Hu}{136} = Hu \times \frac{1}{136} = Hu \times 0,00735$$

$$Hu = \frac{260416,67}{\left(0 + 3 \times \frac{25}{2} + \frac{1}{2} \times (0,00735 \times Hu) \right)}$$

$$Hu(37,5 + 0,00367 \cdot Hu) = 260416,67$$

$$37,5 Hu + 0,00367 Hu^2 - 260416,67 = 0$$

$$\frac{[0,00367 \cdot Hu^2 + 37,5 \cdot Hu - 260416,67] = 0}{0,00367}$$

$$Hu^2 + 10217,98.Hu - 70958220,71 = 0$$

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$Hu = \frac{-10217,98 \pm \sqrt{10217,98^2 - 4 \times 1 \times (70958220,71)}}{2 \times 1}$$

$$Hu_1 = \frac{-10217,98 + \sqrt{10217,98^2 - 4 \times 1 \times (70958220,71)}}{2 \times 1}$$

$$Hu = 4742,91 \text{ kg}$$

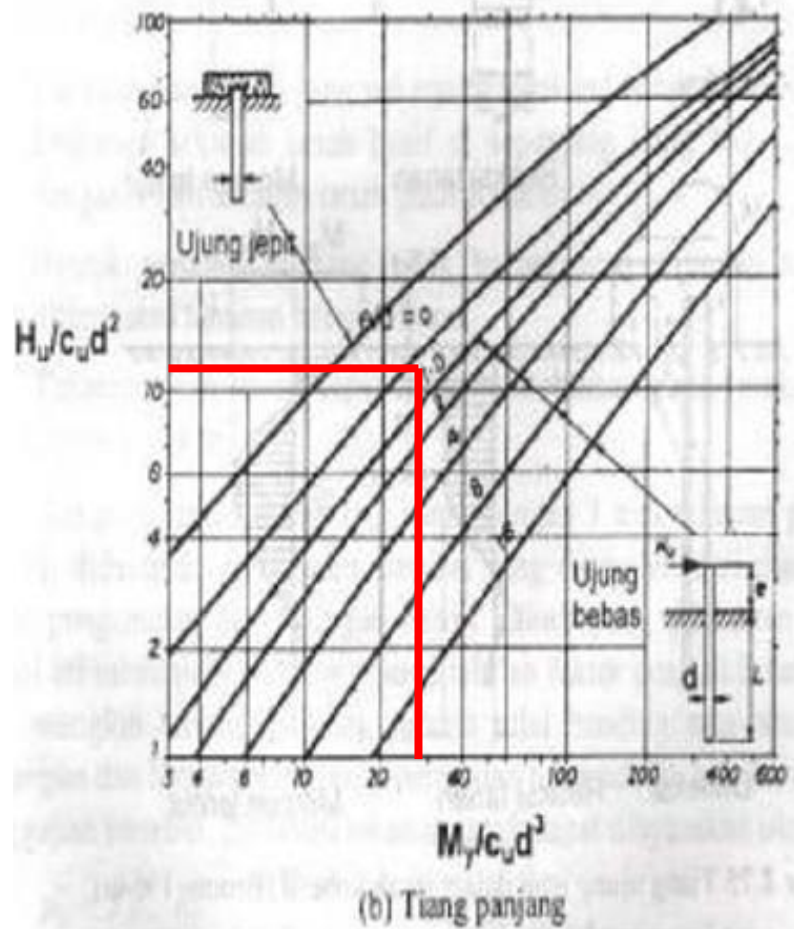
$$Hu_2 = \frac{-10217,98 - \sqrt{10217,98^2 - 4 \times 1 \times (70958220,71)}}{2 \times 1}$$

$$Hu = -14960,89 \text{ kg}$$

Dari $Hu_1 = 4742,91 \text{ kg}$ dan $Hu_2 = -14960,89 \text{ kg}$ digunakan $Hu = 4742,91 \text{ kg}$.

b) Menghitung daya dukung lateral tiang pancang tunggal menggunakan Grafik

$$\frac{My}{Cu \times b^3} = \frac{260416,67}{0,605 \times 25^3} = 27,55$$



Gambar 4.2: Hasil Grafik Broms.

$$\frac{Hu}{Cu \times b^2} = 12,5$$

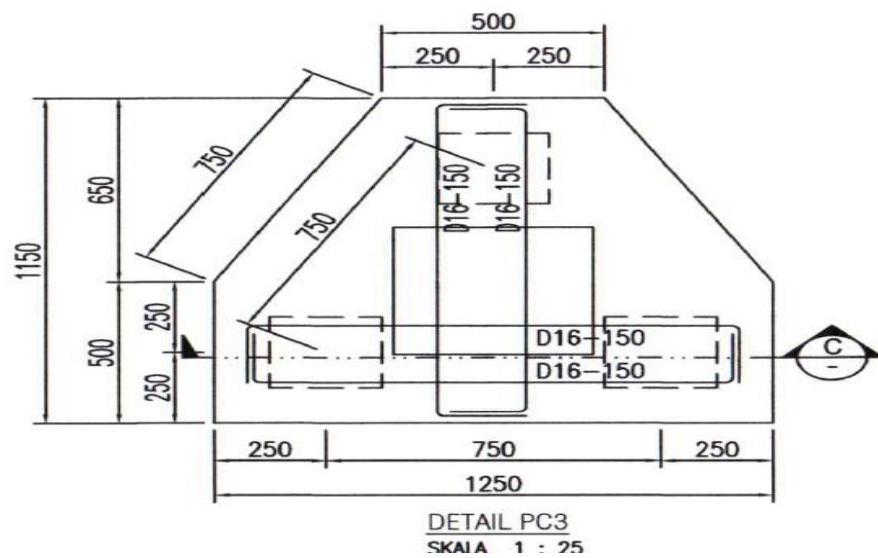
$$Hu = 12,5 \times 0,605 \times 25^2$$

$$Hu = 4726,5625 \text{ kg}$$

Terdapat selisih tahanan lateral ultimit (H_u) metode broms cara perhitungan biasa yaitu sebesar 4742,91 kg dengan menggunakan grafik yaitu sebesar 4726,56 kg. hal ini dikarenakan kurang telitinya dalam melihat nilai grafik namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda.

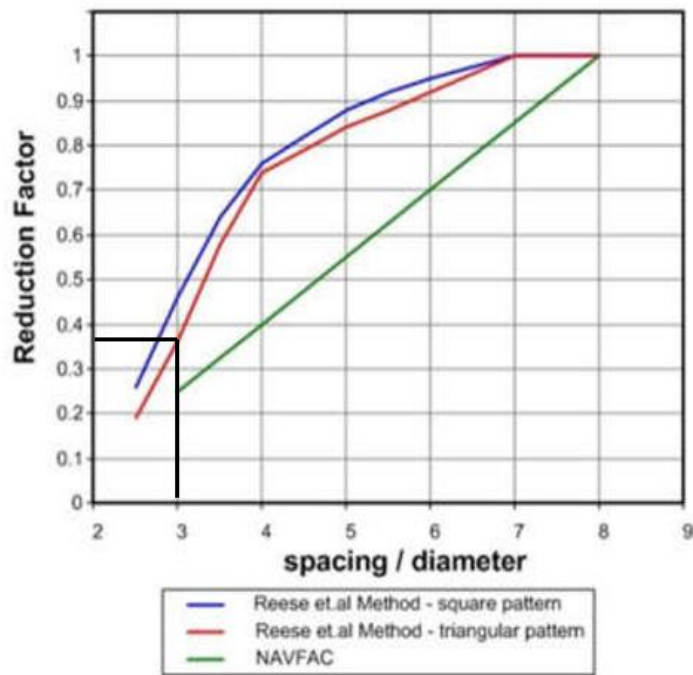
c) **Menghitung daya dukung lateral tiang kelompok**

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.



Gambar 4.3: Pile Cap.

Analisa kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan spasi (3.D) karena bentuk tiang persegi maka digunakan square pattern, Nilai factor reduksi dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4: Grafik nilai reduce faktor pada spacing/diameter 3.D.

$$\begin{aligned}
 Q(\text{grup}) &= n \times Q(\text{single, reduce}) \\
 &= 3 \times 4742.91 \times 0,35 \\
 &= 4980,06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

B. Tiang ujung jepit tiang tunggal dan tiang kelompok

a) Menghitung daya dukung lateral tiang tunggal

$$K_h = \frac{K_1}{1,5}$$

dimana:

K_1 = modulus subgrade Terzaghi (kg/cm^3).

Tabel 4.6: Nilai Cu kohesi rata-rata..

Kedalaman	SPT	Cu
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
Cu rata -rata		59.33

$$59.33 \text{ Kn/m}^2 = 0.61 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.7: Nilai-nilai k1 yang disarankan oleh Tezaghi (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 nilai K1 $27 \text{ Mn/m}^3 = 2,7 \text{ kg/cm}^3$

$$K_h = \frac{2,7}{1,5} = 1,8 \text{ kg/cm}^3$$

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

dimana:

K_h = modulus subgrade *lateral* (kg/cm³)

β = koefisien untuk tanah kohesif

d = diameter tiang (cm)

E_p = modulus elastis tiang (kg/cm²)

$$4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{25} = 23500 \text{ mpa} = 235000 \text{ kg/cm}^2$$

I_p = inersia penampang tiang (cm⁴)

$$\frac{1}{12} \times b h^3 = \frac{1}{12} \times 25 \times 25^3 = 32552,08 \text{ cm}^4$$

➤ **Menentukan tiang panjang atau pendek**

$$\beta = \left(\frac{Kh \cdot d}{4 \cdot Ep \cdot Ip} \right)^{1/4}$$

$$\beta = \left(\frac{1,8.25}{4.235000.32552,08} \right)^{1/4} = 0,0006192649 \text{ cm}$$

➤ **Tahanan momen (w)**

$$W = \frac{Ip}{b/2} = \frac{32552,08}{25/2} = 2604,166 \text{ cm}^3$$

$$fb = 0,40 \times fc' = 0,40 \times 25 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

➤ **Momen maksimum tiang**

$$My = fb \cdot W = 100 \times 2604,17$$

$$= 260416,67 \text{ kg.cm (pers1)}$$

➤ **Menentukan nilai Hu**

$$Hu = \frac{2My}{(e + 3 \cdot \frac{a}{2} + \frac{1}{2} \cdot f)}$$

$$F = \frac{Hu}{9Cu \cdot b}$$

$$F = \frac{Hu}{9 \times 0,605 \times 25}$$

$$= \frac{Hu}{136} = Hu \times \frac{1}{136} = Hu \times 0,00735$$

$$Hu = \frac{2 \times 260416,67}{(0 + 3 \times \frac{25}{2} + \frac{1}{2} \times (0,00735 \times Hu))}$$

$$Hu(37,5 + 0,00367 \cdot Hu) = 520833,33$$

$$37,5 Hu + 0,00367 Hu^2 - 520833,33 = 0$$

$$\frac{[0,00367 \cdot Hu^2 + 37,5 \cdot Hu - 520833,33] = 0}{0,00367}$$

$$Hu^2 + 10217,98 \cdot Hu - 141916438,7 = 0$$

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$Hu = \frac{-10217,98 \pm \sqrt{10217,98^2 - 4 \times 1 \times (141916438,7)}}{2 \times 1}$$

$$Hu_1 = \frac{-10217,98 + \sqrt{10217,98^2 - 4 \times 1 \times (141916438,7)}}{2 \times 1}$$

$$Hu = 7853.19 \text{ kg}$$

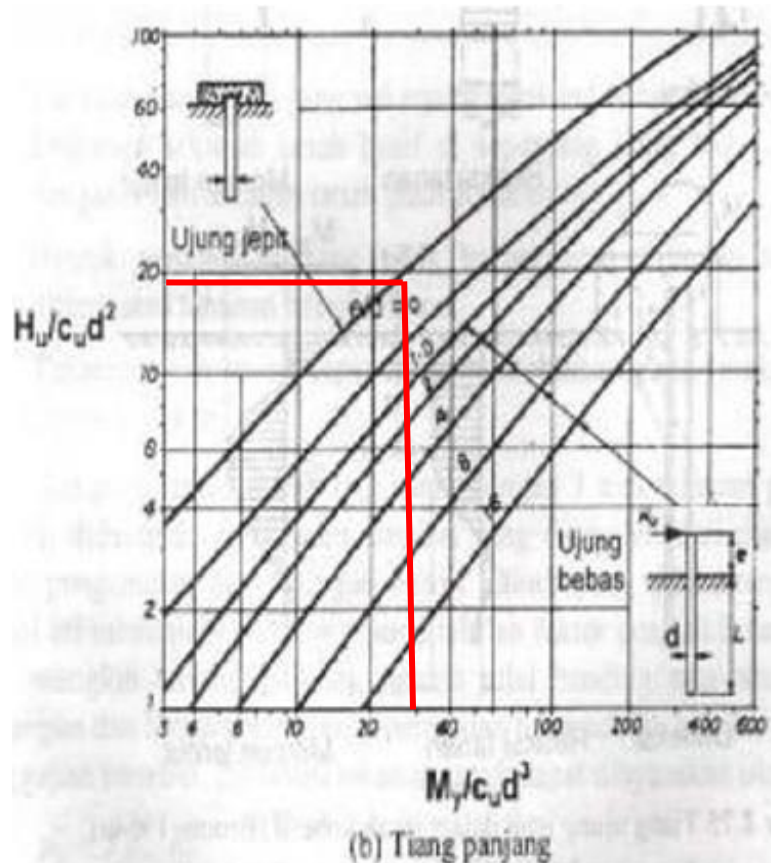
$$Hu_2 = \frac{-10217,98 - \sqrt{10217,98^2 - 4 \times 1 \times (141916438,7)}}{2 \times 1}$$

$$Hu = -18071.17 \text{ kg}$$

Dari $Hu_1 = 7853,19 \text{ kg}$ dan $Hu_2 = -18071,17 \text{ kg}$ digunakan $Hu = 7853,19 \text{ kg}$.

b) Menghitung daya dukung lateral tiang pancang tunggal menggunakan Grafik

$$\frac{M_y}{Cu \times b^3} = \frac{260416.67}{0,605 \times 25^3} = 27.55$$



Gambar 4.5: Grafik Broms.

$$\frac{Hu}{Cu \times b^2} = 20,5$$

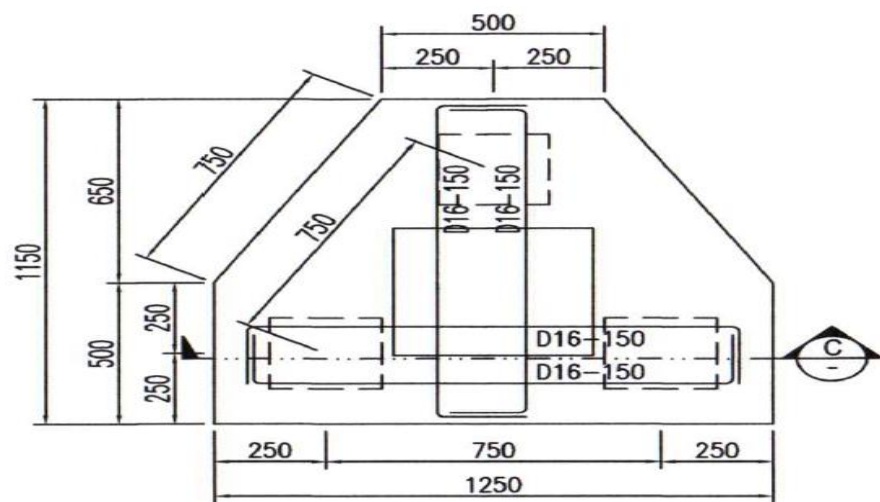
$$Hu = 20,5 \times 0,605 \times 25^2$$

$$Hu = 7751,5625 \text{ kg}$$

Terdapat selisih tahanan lateral ultimit (H_u) metode broms cara perhitungan biasa yaitu sebesar 7853,19 kg dengan menggunakan grafik yaitu sebesar 7751,5625 kg. hal ini dikarenakan kurang telitinya dalam melihat nilai grafik namun kedua hasil tersebut tidak jauh berbeda.

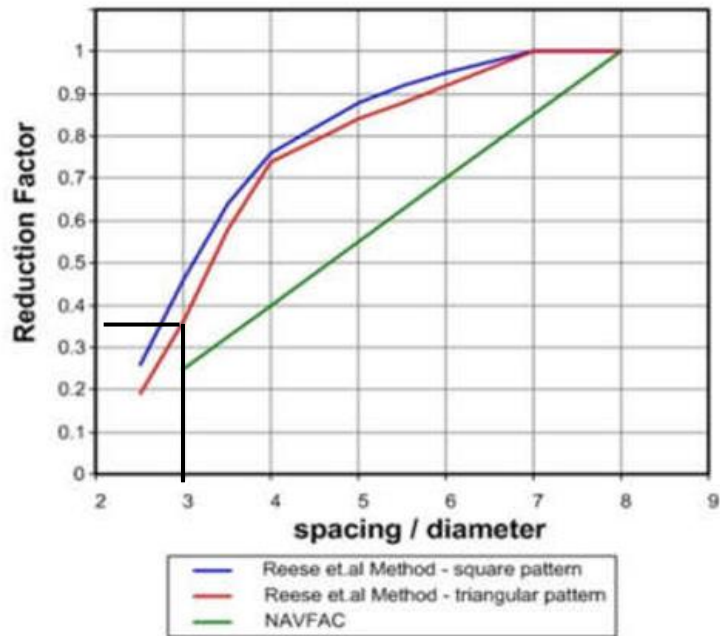
c) Menghitung daya dukung lateral tiang kelompok

Taksiran kapasitas tahanan lateral maksimum pondasi tiang ini digunakan metode reese et all. Kapasitas pondasi tiang group dipengaruhi jumlah dan jarak spasi tiang group serta dipengaruhi factor reduksi berdasarkan jarak spasi.



DETAIL PC3
SKALA 1 : 25
Gambar 4.6: Pile Cap.

Analisa kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan spasi (3.D) karena bentuk tiang persegi maka digunakan square pattern, Nilai factor reduksi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Grafik nilai reduce faktor pada spasing/diameter 3.D.

$$\begin{aligned}
 Q(\text{grup}) &= n \times Q(\text{single, reduce}) \\
 &= 3 \times 7853,19 \times 0,35 \\
 &= 8245,85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.3.1.4. Mengitung Penurunan Tiang Tunggal Dan Tiang Kelompok.

➤ Penurunan 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 di dalam tanah tersebut. Rumus perhitungan penurunan tiang tunggal :

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

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

$$S_s = \frac{(32,17 + 0,33 \cdot 77,99) 16}{0,0625 \cdot 2350000} = 0,0063 \text{ m}$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot qp}$$

$$q_p = \frac{Q_p}{A_p}$$

$$q_p = \frac{32,17}{0,0625} = 514,738$$

$$S_p = \frac{0,04 \cdot 32,17}{0,25 \cdot 514,738} = 0,0099 \text{ m}$$

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

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

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{16}{0,25}} = 4,8$$

$$S_{ps} = \left(\frac{32,17}{1 \cdot 16} \right) \cdot \frac{0,25}{15000} \cdot (1 - 0,3^2) 4,8 = 0,000146 \text{ m}$$

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$S = 0,0078 + 0,0099 + 0,000146$$

$$S = 0,017846 \text{ m}$$

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_p = Beban titik per satuan luas 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/parabolik sepanjang tiang sedangkan segitiga nilai $\alpha = 0,33$.

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

(a)		(b)	
Jenis Tanah	m	Jenis tanah	E_s (kN/m ²)
Lempung jenuh	0,4 - 0,5	Lempung	
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3	Sangat lunak	300 - 3000
Lempung berpasir	0,2 - 0,3	Lunak	2000 - 4000
Lanau	0,3 - 0,35	Sedang	4500 - 9000
Pasir padat	0,2 - 0,4	Keras	7000 - 20000
Pasir kasar (Angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,15	Berpasir	30000 - 42500
Pasir halus (Angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,25	Pasir	
Batu (tergantung dari jenisnya)	0,1 - 0,4	Berlanau	5000 - 20000
Loose	0,1 - 0,3	Tidak padat	10000 - 25000
		Padat	50000 - 100000
		Pasir dan Kerikil	
		Padat	80000 - 200000
		Tidak padat	50000 - 140000
		Lanau	2000 - 20000
		Loess	15000 - 60000
		Serpil	140000 - 1400000

(c)		
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

Gambar 4.8: a) tabel angka poisson; b) tabel modulus elastis E_s ; c) tabel nilai koefisien c_p .

➤ **Penurunan Tiang Kelompok**

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B}{D}}$$

$$S_g = 0,0178 \cdot \sqrt{\frac{0,75}{0,25}} = 0,0310 \text{ m}$$

➤ **Penurunan Yang Dijinkan**

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

$$S_{\text{ijin}} = 10\% \times D$$

$$= 0,1 \times 0,25$$

$$= 0,025 \text{ m}$$

4.4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Hasil Simulasi Di Komputer

Struktur komponen, elemen-elemen struktur dan elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi menurut SNI-1726-2019 pada titik yang ditinjau.

Joint Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Envelope	Combination	Max	16.205	5.784	190.811	11.034	55.4404	1.7894
Envelope	Combination	Min	-17.996	-2.597	9.96	-14.8373	-57.5615	-1.7891
Envelope	Combination	Max	38.279	28.57	1036.703	48.6352	79.7115	1.7894
Envelope	Combination	Min	-28.571	-15.792	301.2	-63.598	-68.4453	-1.7891
Envelope	Combination	Max	37.455	24.355	1314.166	37.0464	80.5138	1.7894
Envelope	Combination	Min	-31.998	-10.281	410.267	-53.518	-74.1962	-1.7891
Envelope	Combination	Max	30.001	25.394	1168.01	34.4131	72.5785	1.7894

Gambar 4.9: Joint Reaction.

Setelah beban struktur atas hasil output sap 2000, maka beban tanah timbunan yang ada pada pondasi pile cap juga harus di tambahkan dengan berat jenis tanah timbunan menurut (hardiyatmo,1992) yang besarnya; krikil, koral split = 1,8 ton/m³. Hasil nya terdapat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Beban timbunan pile cap.

Jenis Struktur (m ²)	Luasan (m ²)	Tinggi Tiang (m ²)	Volume (m ³)	Berat Jenis Tanah Timbunan (kn/m ³)
Pc3 luasan 1	0.625	0.60	0.3745	0.675
Pc3 luasan 2	0.325	0.60	0.195	0.351
Pc3 luasan 3	0.08125	0.60	0.04875	0.087750
Pc3 luasan 4	0.08125	0.60	0.04875	0.087750
Total				1.2015 ton
				10.6895 kn

Maka untuk mengetahui beban yang bekerja pada pile cap 3 yaitu dengan menambah reaksi hasil output sap 2000 dan berat jenis tanah timbunan. dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Beban Yang Bekerja Pada Pile Cap 3.

No. Joint	F1	F3	M2	M3
40	38.279	1047.39	79.711	17.894

Tabel 4.10: Beban Yang Bekerja Pada Tiang Tunggal.

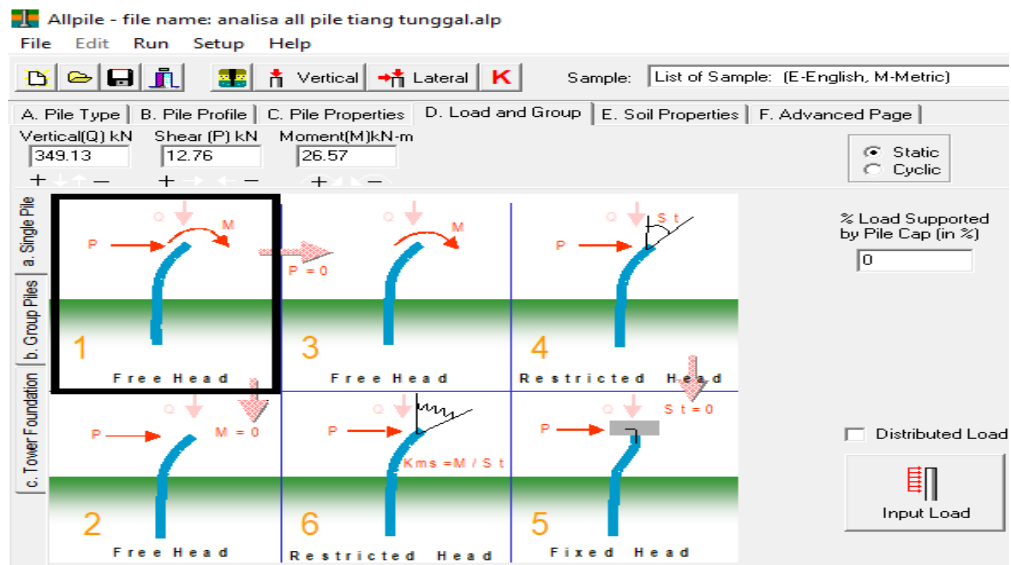
No. Joint	F1	F3	M2	M3
40	12.76	349.13	26.57	5.965

4.4.1. Analisa Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Tunggal

❖ Analisa Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal

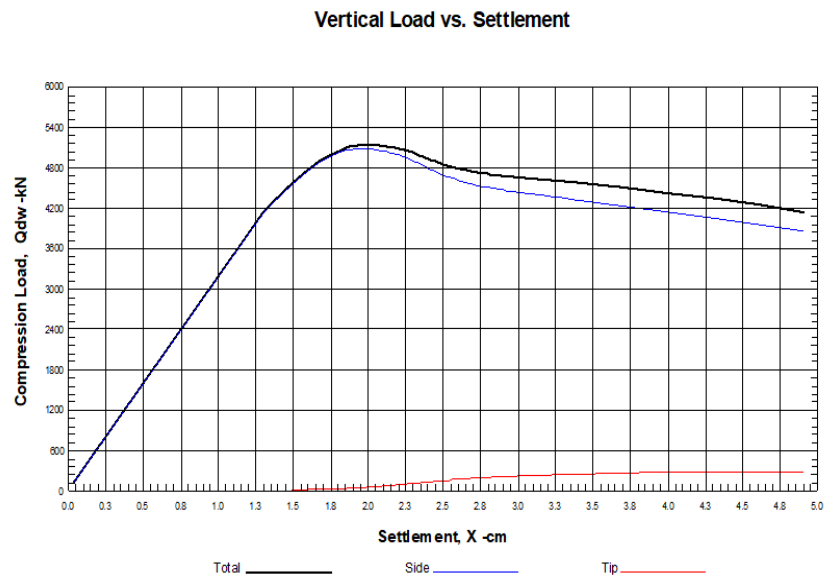
Data-data yang dimasukkan dalam program All pile.

- Jenis tiang yang dipakai *driving concrete pile*.
- Panjang tiang 16 m, kemiringan tanah : 0, kemiringan tiang : 0
- Masukkan ukuran tiang 25 cm, banyaknya tulangan yang dipakai tiang 4φ16
- Masukkan gaya vertikal yang bekerja $Q : 349.13$ kn, Momen : 26.56 kn.m Shear $P : 12,76$ kn
- Masukkan parameter tanah berdasarkan hasil SPT
- Masukkan faktor keamanan = 2.0.



Gambar 4.10: Memasukkan beban tiang tunggal pada program all pile.

Setelah semua komponen diisi pada software maka langkah selanjutnya klik ikon vertical untuk mengetahui daya dukung tiang tunggal menggunakan software. Lalu pilih load-settlement untuk mengetahui grafik perbandingan beban yang bekerja dengan penurunan yang terjadi.



Gambar 4.11 : Grafik vertical tiang tunggal load vs settlement program Allpile.

Keterangan:

- Total : █ (Yaitu grafik penurunan total)
- Side : █ (Yaitu grafik penurunan)
- Tip : █ (Yaitu grafik penurunan)

Maka di dapat hasil nya ;

- ✓ Beban aksial yang bekerja : 349.13 kn
- ✓ Total daya dukung ultimate : 4849.44 kn
- ✓ Daya dukung ijin : 2570.45 kn
- ✓ Settlement yang terjadi : 0.10165 cm
- ✓ Penurunan yang diijinkan : 2.5 cm

PILE PROFILE:

Pile Length, L= 16.0 -m
Top Height, H= -0,6 -m
Slope Angle, As= 0.0
Batter Angle, Ab= 0.00 Batter Factor, Kbat= 1.00

SINGLE PILE:

Deduction factor due to Group Effect, R= 1.00
Vertical Load= 349.13 -kN

Single Pile Vertical Analysis:

Total Ultimate Capacity (Down)= 5140.905-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 4899.437-kN
Total Allowable Capacity (Down)= 2570.453-kN Total Allowable Capacity (Up)= 2449.719-kN
Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 14.31-kN *Soil Weight is not included
Side Resistance (Down)= 4897.405-kN Side Resistance (Up)= 4885.125-kN
Tip Resistance (Down)= 243.500-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= 349.13-kN, Settlement= 0.10165-cm
At Work Load= 349.13-kN, Secant Stiffness Kqx= 3434.55-kN/-cm
At Allowable Settlement= 2.500-cm, Capacity= 4849.44-kN
Work Load, 349.13-kN, OK with the Capacity at Allowable Settlement= 2.50-cm, Capacity= 4849.44-kN
Work Load, 349.13-kN, OK with the Allowable Capacity (Down)= 2570.45-kN

Gambar 4.12 : Hasil Summary Report Aksial tiang tunggal Program Allpile.

❖ **Analisis Daya Dukung Horizontal Tiang Tunggal**

Cara menganalisa daya dukung horizontal pada tiang tunggal sama seperti mencari daya dukung vertical hanya saja ikon yang di klik adalah lateral nya. Setelah di klik maka akan muncul hasil summary report nya, yaitu;

- ✓ Top deflection : 1.27 cm
- ✓ Max momen : 35.2 kn.m
- ✓ Top shear : 12.76 kn
- ✓ Allowable deflection : 2.5 cm

PILE PROFILES:
 Pile Length, L= 16.0 -m
 Top Height, H= -0,6 -m
 Slope Angle, As= 0.0
 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= 349.13 -kN
 Shear= 12.76 -kN
 Moment= 26.57 -kN-m

Results:
 Top Deflection, yt= 1.27000-cm
 Max. Moment, M= 35.20-kN-m
 Top Deflection Slope, St= -0.01100

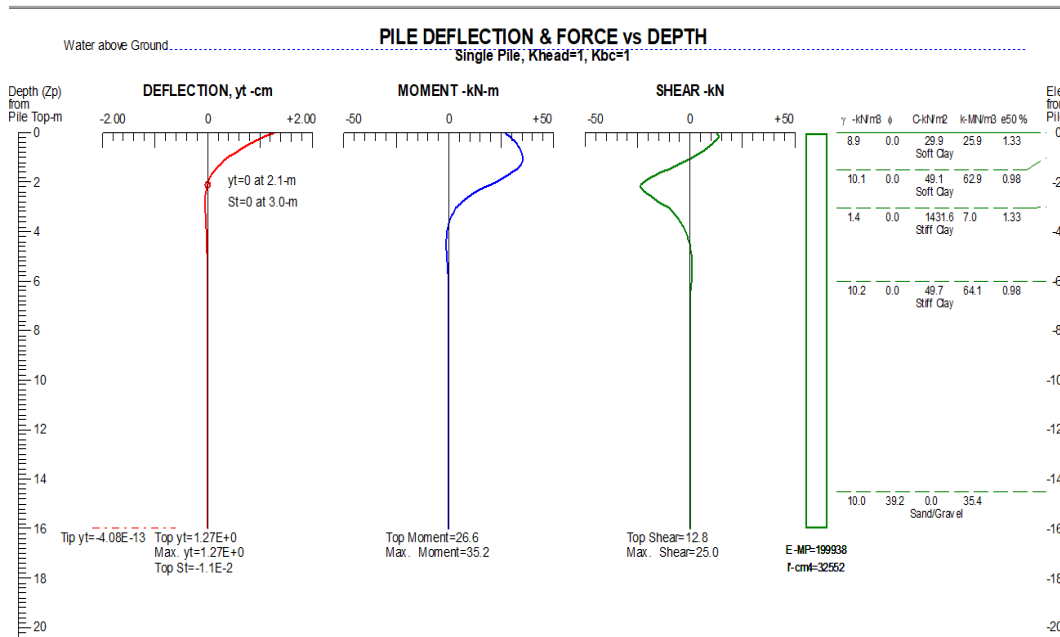
Top Deflection, 1.2700-cm, OK with the Allowable Deflection= 2.50-cm

Gambar 4.13: Hasil Summary Report Lateral tiang tunggal Program Allpile.

➤ Grafik Hasil Deflection, Moment dan Shear

Dimana:

- ✓ Top deflection : 0.127 cm
- ✓ Max deflection : 0.127 cm
- ✓ Top momen : 26.6 kn.m
- ✓ Max momen : 35.2 kn.m
- ✓ Top shear : 12.8 kn
- ✓ Max shear : 25 kn



Gambar 4.14 :Grafik analisis tiang tunggal lateral pile deflection & force vs depth.

4.4.2 Analisa Daya Dukung Aksial Dan Horizontal Tiang Kelompok

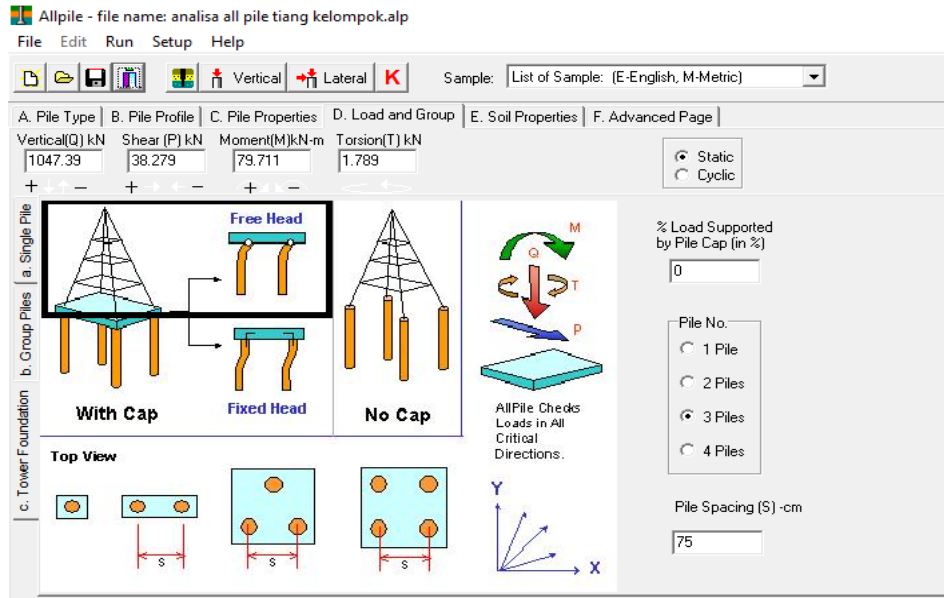
❖ Analisa Daya Dukung Aksial Tiang Kelompok

Tahapan dalam menganalisa daya dukung aksial tiang kelompok dan tiang tunggal menggunakan software allpile hampir mirip,hanya saja dalam mengisi tools pada load and group terdapat perbedaan.

Data-data yang dimasukkan dalam program All pile.

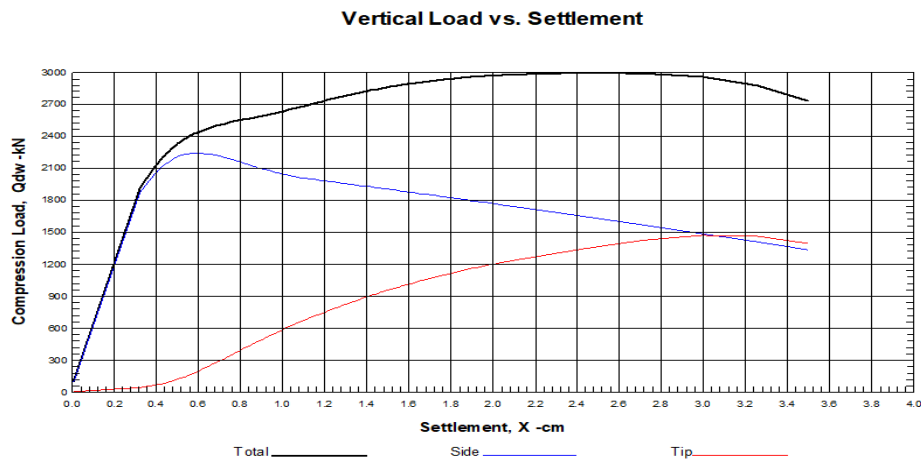
- Jenis tiang yang dipakai *driving concrete pile*.
- Panjang tiang 16 m, top height : -0.6 m
- Masukkan ukuran tiang 25 cm, banyaknya tiang pancang : 3
- Masukkan jarak antar tiang pancang 75 cm
- Masukkan gaya vertikal yang bekerja Q : 1047.39 kn, Momen : 79.71 kn.m, Shear (P) : 38.279 kn, Torsion (T) : 1.789 kn
- Masukkan parameter tanah berdasarkan hasil SPT
- Masukkan faktor keamanan untuk side : 2.0 dan tip : 2.0 dan load factor : 2.0

dimana pada tiang tunggal tidak terdapat form torsion, seperti yang terlihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: Memasukkan beban yang bekerja pada tiang kelompok.

➤ Analisa vertical vs settlement



Gambar 4.16 : Grafik vertical load vs settlement tiang kelompok program Allpile.

Keterangan:

- Total : (Yaitu grafik penurunan total)
- Side : (Yaitu grafik penurunan)
- Tip : (Yaitu grafik penurunan)

➤ Hasil summary report

Dari seluruh data yang telah dimasukkan maka di dapat hasil summary report sebagai berikut:

- ✓ Beban Aksial Bekerja : 1047.39 kn
- ✓ Total Daya Dukung Ultimate : 2875.90 kn
- ✓ Daya Dukung Ijin : 1498.72 kn
- ✓ Settlement yang terjadi : 0.17661 cm
- ✓ Penurunan Yang Dijinkan : 2.5 cm

```
Osummary - Notepad
File Edit Format View Help
Batter Angle, Ab= 0.00  Batter Factor, Kbat= 1.00

TOWER FOUNDATION:
Group Configuration:
  Pile Number: 3 Piles
  Average Pile Diameter= 0.25 -m
  Spacing, S= 0.75 -m

1. Single Pile Vertical Analysis (in Group):
  Vertical Load= 349.13 -kN
  Results:
    Total Ultimate Capacity (Down)= 999.15-kN, Total Ultimate Capacity (Up)= 633.24-kN
    Total Allowable Capacity (Down)= 499.57-kN, Total Allowable Capacity (Up)= 316.62-kN
    At Work Load= 349.13-kN, Settlement= 0.15947-cm
    At Work Load= 349.13-kN, Secant Stiffness Kqx= 2189.34-kN/-cm
    At Allowable Settlement= 2.500-cm, Capacity= 99999.00-kN
    Work Load, 349.13-kN, OK with the Capacity at Allowable Settlement= 2.50-cm, Capacity= 99999.00-kN
    Work Load, 349.13-kN, OK with the Allowable Capacity (Down)= 499.57-kN

2. Group Pile Vertical Analysis (in Group):
  Vertical Load= 1047.39 -kN
  Results:
    Total Ultimate Capacity (Down)= 2997.45-kN, Total Ultimate Capacity (Up)= 1871.14-kN
    Total Allowable Capacity (Down)= 1498.72-kN, Total Allowable Capacity (Up)= 935.57-kN
    At Work Load= 1047.39-kN, Settlement= 0.17661-cm
    At Work Load= 1047.39-kN, Secant Stiffness Kqx= 5930.43-kN/-cm
    At Allowable Settlement= 2.500-cm, Capacity= 2875.90-kN
    Work Load, 1047.39-kN, OK with the Capacity at Allowable Settlement= 2.50-cm, Capacity= 2875.90-kN
    Work Load, 1047.39-kN, OK with the Allowable Capacity (Down)= 1498.72-kN
```

Gambar 4.17 : Hasil summary report vertical tiang kelompok allpile.

❖ **Analisa Daya Dukung Lateral Tiang Kelompok**

Cara menganalisa daya dukung horizontal pada tiang kelompok sama seperti mencari daya dukung vertical hanya saja ikon yang di klik adalah lateral nya. Setelah di klik maka akan muncul hasilnya:

➤ Hasil summary report

- ✓ Top deflection : 0.883 cm
- ✓ Cap rotation : 0.176
- ✓ Top shear front : 38.28 kn
- ✓ Top shear back : 43.43 kn
- ✓ Allowable deflection : 2.5 cm

4. Lateral Analysis:
 Try Shear= 16.05 -kN
 Deduction factor due to Group Effect, R= 0.50
 Free Head Condition
 Try Results:
 Top Deflection, yt= 0.26800-cm
 Max. Moment, M= 10.10-kN-m
 Top Deflection Slope, St= -0.00236

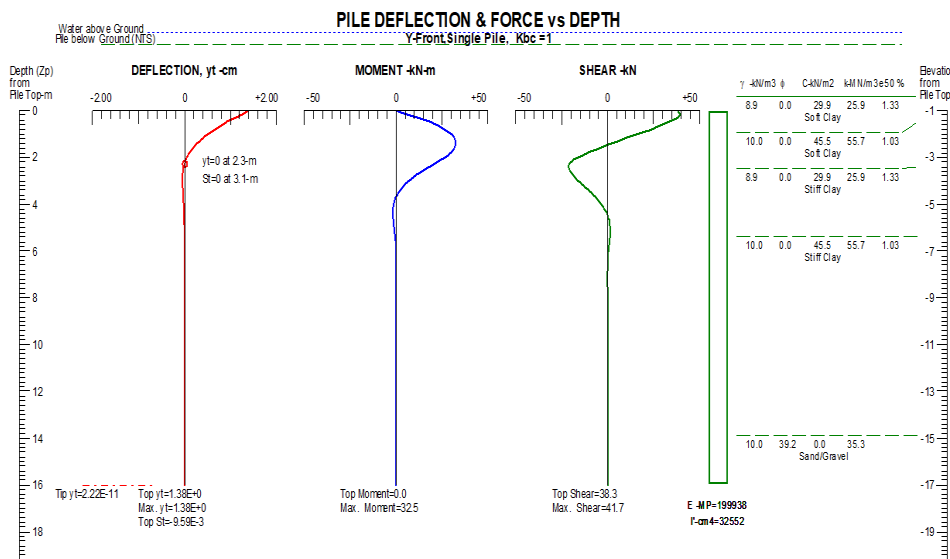
C. Final Results & Summary:
 Max. Cap Settlement, Xmax= 0.21686-cm
 Average Cap Settlement, Xaverage= 0.15947-cm
 Differential Cap Settlement, Xdiff= 0.11479-cm
 Cap Rotation, Rt= 0.176734149 Slope
 Cap Rotation, Ra= 10.02262402 Degree

Lateral Cap Movement (Deflection), yt= 0.883-cm
 Front Pile: Shear= 38.28-kN
 Back Pile: Shear= 43.43-kN

Lateral Cap Movement, yt= 0.883-cm, OK with the Allowable Deflection= 2.500-cm
 Max. Cap Settlement, Xmax= 0.217-cm, OK with the Allowable Deflection= 2.500-cm

Gambar 4. 18 : Hasil summary report lateral allpile.

- Grafik hasil analisis all pile untuk daya dukung aksial dan horizontal tiang kelompok.



Gambar 4.19: Grafik analisis lateral pile deflection & force vs depth

4.5. Hasil Uji Tes Pile Driving Analyze (PDA) Lapangan.

Pile No. P-164 (Square Pile 25 x 25, L = 17 m – Panjang penetrasi 16.4 m). Hasil CAPWAP menunjukkan total kapasitas daya dukung sebesar 82 ton, dengan pembagian tahanan friksi sebesar 67 ton, dan tahanan ujung sebesar 15 ton, serta perpindahan total sebesar 9.76 mm dan penurunan tetap sebesar 1mm.

Tabel 4.11: Analisa Capwap Dilapangan.

Pile	Pile Type	ANALISIS CAPWAP				
		Total Bearing Capacity (Ton)	Friction Capacity (Ton)	End Bearing Capacity (Ton)	Displacement (Ton)	Set (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

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan pada data dari proyek rumah susun unimed medan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan kapasitas daya dukung aksial dan horizontal tiang pancang tunggal dan kelompok. Maka didapati hasil sebagai berikut:

1.1. Daya dukung aksial tiang tunggal dan kelompok

➤ Daya dukung aksial tiang tunggal.

Maka daya dukung ultimate untuk metode, Mayerhof 1976 = 98.48 ton, Briaud et all = 110.16 ton, Thomlinson = 78.52 ton, Hasil Komputer = 494.51 ton. Untuk daya dukung ijin Mayerhof = 39.39 ton, Briaud et all = 44.06 ton, Thomlinson = 31.41 ton, Hasil Komputer = 262.11 ton.

➤ Daya dukung aksial tiang kelompok (*converse labare*).

Maka daya dukung aksial tiang kelompok dengan metode, Mayerhof = 101.63 ton, Briaud et all = 113.67 ton, Thomlinson = 81 ton, Hasil Komputer = 394.3 ton.

1.2. Daya dukung horizontal tiang tunggal dan kelompok.

Dari beberapa percobaan diatas didapati hasil daya dukung horizontal yang dapat ditahan oleh tiang pancang panjang ujung bebas yaitu $H_u = 4742.91$ kg, sedangkan tiang pancang panjang ujung terjepit yaitu $H_u = 7853.19$ kg. Terlihat bahwa tiang pancang panjang ujung bebas < tiang pancang panjang ujung terjepit, untuk metode grafik terdapat perbedaan yang tidak terlalu jauh hanya saja dalam penggunaan grafik hasil yang di dapat terlalu kecil untuk tiang panjang ujung bebas yaitu $H_u = 4726.56$ kg, sedangkan tiang panjang ujung jepit $H_u = 7751.56$ kg, sehingga dalam hal ini tiang pancang ujung terjepit lebih aman digunakan untuk menahan gaya lateral

ultimit yang bisa ditahan oleh tiang. Begitu pula untuk tiang kelompok tiang panjang ujung bebas yaitu $H_u = 4980.06$ kg, sedangkan tiang panjang ujung terjepit $H_u = 8945.85$ kg. Dalam menggunakan perhitungan komputer untuk tiang tunggal terjadi deflection (tekuk) yaitu = 0.127 cm dan untuk tiang kelompok terjadi deflection yaitu = 0.833 cm.

2. Hasil Perbandingan :

2.1. Kapasitas daya dukung tiang pancang yang di hitung secara numeric pada kedalaman 16 m, dengan metode, Mayerhof 1976 = 39.39 ton, Briaud et all = 44.06 ton, Thomlinson = 31.41 ton. Dapat disimpulkan bahwa metode adalah metode yang paling mendekati dengan nilai PDA = 82 ton.

2.2. Hasil analisis aplikasi dari data *Standart Penetration Test* (SPT) sebesar 262.11 ton dan hasil *Pile Driving Analyzer* (PDA) dilaporkan 82 ton. Perbedaan ini terjadi begitu jauh alasannya dalam analisis aplikasi terdapat beban-beban hasil running sap yang dimasukkan walaupun begitu menurut aplikasi dikatakan aman.

3. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal untuk metode Mayerhof = 0.0194 m, Thomlinson = 0.0183 m, Briaud et all = 0.0178 m, Hasil Komputer 0.0102 m. dari data diatas dapat disimpulkan hasil komputer yang memiliki nilai paling mendekati PDA = 0.001 m karena penurunan tiang tunggal ≤ 0.025 m dimana semua metode memiliki nilai dibawah control penurunan tiang. Dan penurunan tiang kelompok (*converse labare*) untuk metode Mayerhof = 0.033 m, Tomlinson = 0.032 m, Briaud et all = 0.031 m, Hasil Komputer 0.0177 m.

5.2. Saran

1. Dalam menganalisa besarnya daya dukung dan penurunan pada suatu pondasi tiang pancang, sebaiknya kita memiliki data teknis dan data laboratorium (parameter tanah) yang lengkap. Kelengkapan data akan menghasilkan perhitungan yang lebih akurat, baik secara analitis maupun dengan program komputer.
2. Sebaiknya dilakukan pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah sehingga memperoleh data yang lebih valid.
3. Dalam melakukan perhitungan analisis daya dukung lateral pondasi tiang pancang masih banyak metode yang digunakan agar lebih terarah dalam menganalisis sehingga didapat perbandingan-perbandingan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Annizaar, Rizqi., Suroso., dan H. (2014). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Dan Tiang Bor Pada Pekerjaan Pembuatan Abutment Jembatan Labuhan Madura. *Teknik*, 1–11.
- Aulia, R., Lukman, H., & Artiningsih, T. P. (n.d.). *Analisis Gaya Lateral Pada Pondasi Tiang Pancang Square (Studi Kasus : Pembangunan Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR) PT . Ultra Jaya Milk Industri Bandung) terjadi akibat gaya lateral pada pondasi tiang pancang square .* 1–14.
- Hakim, A. R., & Akbar, A. (2018). Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(2), 103.
<https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.2.3>
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Teknik Pondasi 1 Edisi Kedua*.
- Harsanto, C., Manoppo, F., & Sumampouw, J. (2015). Analisis Daya Dukung Tiang Bor (Bored Pile) Pada Struktur Pylon Jembatan Soekarno Dengan Plaxis 3D. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 5(2), 99824.
- Jawat, I. W. (n.d.). *Sistem Hidraulic Jack in (Studi : Proyek Kcu Bca Sunset Road Bali)*. 5, 43–52.
- Meisari, Y., & Yakin, Y. A. (2017). *Analisis Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang pada Tanah Lempung Cimencrang*. 3(4), 92–103.
- Muharram, D., & Faisal, A. (2018). Studi Daya Dukung Lateral Pada Pondasi Tiang Grup Dengan Konfigurasi Bentuk Segitiga. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura*, 5(1), 1–13.
- Nurdiani, N. (2013). *Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang*. 4(9), 776–784.
- Priadi, E., & Bakar, A. (2017). *Konfigurasi Empat-Empat*.
- Priadi, E., & Sc, M. (n.d.). *Kajian Efisiensi Pada Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi 2 X 2*. 1–11.
- Purba, J., Rangkuti, N. M., & Ardan, M. (2017). *Analysis of Supporting Capacity of Piling Pile on Hospitality / Apartment / Condominium Development Project on Jalan Ring Road Medan*. 1(1), 19–26.
- Randyanto, E. S., Sumampouw, J. E. R., & Balamba, S. (2015). Menggunakan Metode Statik Dan Calendring Studi Kasus : Proyek Pembangunan Manado Town Square 3. *Jurnal Sipil Statik*, 3(9), 631–643.
- Saputro, D. D. (2001). *Studi pengaruh jarak tiang pancang pada kelompok tiang terhadap perubahan dimensi pile cap*. 571, 85–93.

- Sombah, M., Dundu, A., & Sibi, M. (2016). Studi Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pemancangan Dengan Metode Value Engineering Pada Proyek Interchange Maumbi - Manado. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(1), 100921.
- Yuliawan, E., & Sipil, M. (2018). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test. *Jurnal Konstruksia*, 9(2), 1–13.
- Yusti, A. (2014). *Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan Capwap (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang)*. 2, 19–31.
- Zakahfi, A. T., & Kusumawardani, R. (2018). Perbandingan Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Perhitungan L. Decourt Dan Tes Pda. *Teknika*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.26623/teknika.v13i1.724>

LAMPIRAN

Tabel L: Hasil Perhitunagn Mayerhof.

Depth	jenis tanah	N	N'	AS	AP	QP (ton)	QS (ton)	Qult (ton)	Qa (ton)
0.00	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	0	0.00	0.00	0.0625	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	5	5.00	1.00	0.0625	3.75	1.00	4.75	1.90
2.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8	6.50	2.00	0.0625	6.00	2.60	8.60	3.44
3.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	8	7.00	3.00	0.0625	6.00	4.20	10.20	4.08
4.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3	6.00	4.00	0.0625	2.25	4.80	7.05	2.82
6.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	4	5.60	6.00	0.0625	10.00	6.72	16.72	6.69
8.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7	5.83	8.00	0.0625	17.50	9.33	26.83	10.73
10.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	6.29	10.00	0.0625	22.50	12.57	35.07	14.03
12.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	6.63	12.00	0.0625	22.50	15.90	38.40	15.36
14.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8	6.78	14.00	0.0625	20.00	18.98	38.98	15.59
16.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture contenct	28	8.90	16.00	0.0625	70.00	28.48	98.48	39.39
18.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture contenct	30	10.82	18.00	0.0625	75.00	38.95	113.95	45.58
20.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture contenct	46	13.75	20.00	0.0625	115.00	55.00	170.00	68.00
22.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture contenct	60	17.31	22.00	0.0625	150.00	76.15	226.15	90.46
24.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture contenct	52	19.79	24.00	0.0625	130.00	94.97	224.97	89.99

Tabel L : Hasil Perhitungan Briaud et all.

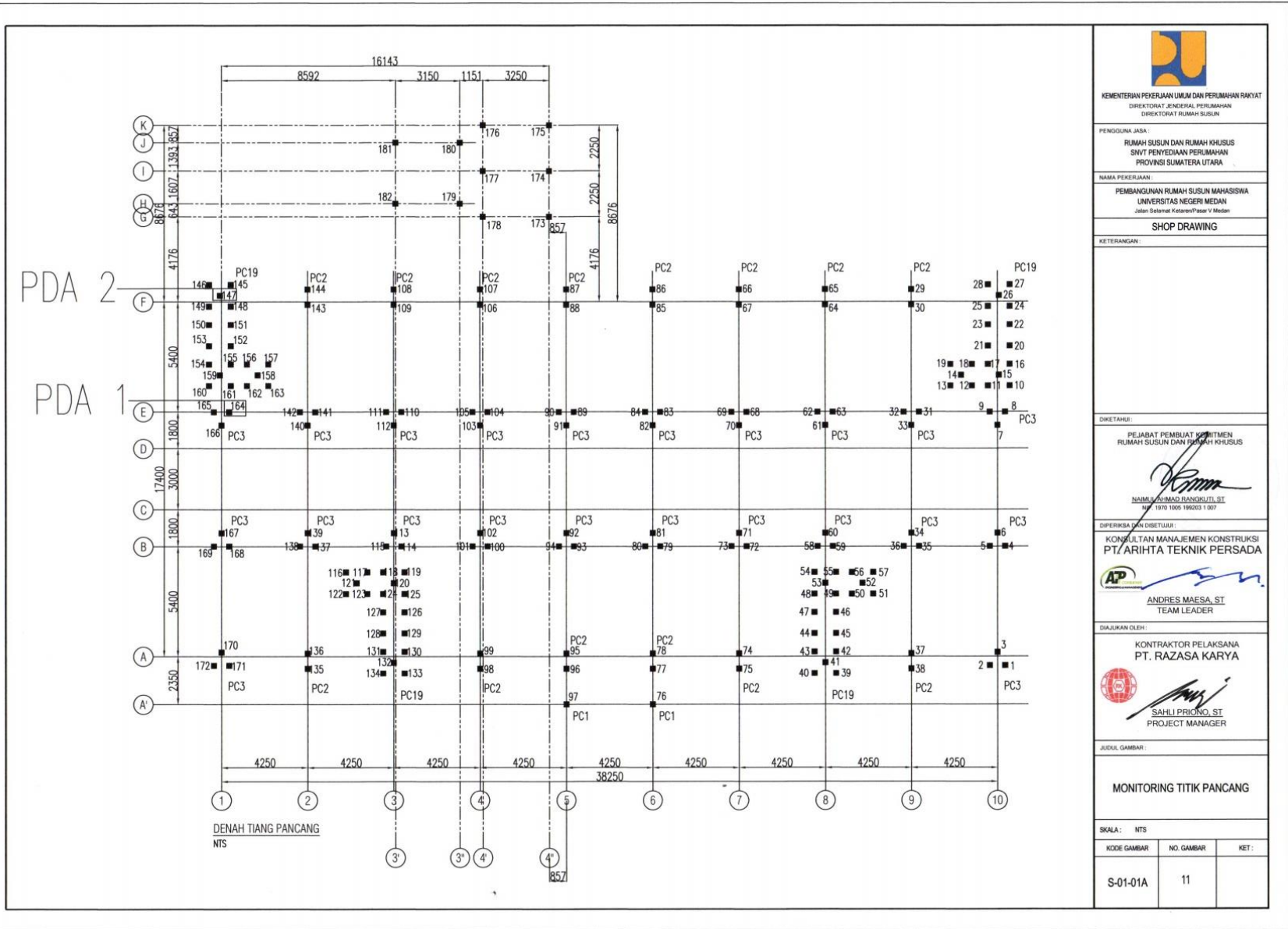
Depth	jenis tanah	N	N'	N ₆₀	AS	Ab	fs	fb	QP (ton)	QS (ton)	Q.Ult (ton)	Qa (ton)
0.00	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	0	0.00	0.00	0.00	0.0625	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	5	5.00	3.19	1.00	0.0625	3.197	304.916	19.06	3.20	22.25	8.90
2.00	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8	6.50	5.10	2.00	0.0625	3.664	361.130	22.57	7.33	29.90	11.96
3.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	8	7.00	5.10	3.00	0.0625	3.664	361.130	22.57	10.99	33.56	13.42
4.00	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3	6.00	1.91	4.00	0.0625	2.757	253.697	15.86	11.03	26.88	10.75
6.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	4	5.60	2.40	6.00	0.0625	2.944	275.305	17.21	17.67	34.87	13.95
8.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7	5.83	3.94	8.00	0.0625	3.399	329.017	20.56	27.19	47.75	19.10
10.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	6.29	5.06	10.00	0.0625	3.656	360.172	22.51	36.56	59.07	23.63
12.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	6.63	4.73	12.00	0.0625	3.583	351.337	21.96	43.00	64.96	25.98
14.00	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8	6.78	4.20	14.00	0.0625	3.463	336.751	21.05	48.48	69.53	27.81
16.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	28	8.90	13.65	16.00	0.0625	4.874	514.738	32.17	77.99	110.16	44.06
18.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	30	10.82	14.63	18.00	0.0625	4.973	527.683	32.98	89.51	122.49	49.00
20.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	46	13.75	22.43	20.00	0.0625	5.629	615.464	38.47	112.58	151.05	60.42
22.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	60	17.31	27.00	22.00	0.0625	5.940	658.006	41.13	130.69	171.81	68.73
24.00	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	52	19.79	23.40	24.00	0.0625	5.699	624.966	39.06	136.77	175.83	70.33

Tabel L: Hasil Perhitungan Thomlinson.

Depth	jenis tanah	N	cu (KN/m ²)	A	Skin Friction		End Bearing	Qult	Qall
					Local	Cumm			
1	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	5.00	33.33	0.94	31.33	31.3330	30.92	62.249	24.900
2	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8.00	53.33	0.69	73.64	73.6434	49.47	123.110	49.244
3	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8.00	53.33	0.69	110.47	141.7982	49.47	159.931	63.973
4	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3.00	20.00	1.22	0.38	142.1769	18.16	18.534	7.413
6	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	4.00	26.67	1.07	1.07	143.2457	36.70	37.770	15.108
8	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7.00	46.67	0.76	1.97	145.2152	73.79	75.755	30.302
10	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9.00	60.00	0.64	3.14	148.3580	102.70	105.841	42.336
12	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9.00	60.00	0.64	4.57	152.9231	102.70	107.263	42.905
14.5	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8.00	53.33	0.69	6.64	159.5677	87.85	94.499	37.799
16	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	28.00	186.67	0.56	9.86	169.4298	68.67	78.527	31.411
18	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	30.00	200.00	0.75	12.38	181.8126	81.91	94.296	37.718
20	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	46.00	306.67	10.37	15.29	197.1000	91.01	106.302	42.521
22	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	60.00	400.00	48.56	18.50	215.5978	100.12	118.613	47.445
24	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	52.00	346.67	21.57	22.01	237.6117	109.22	131.231	52.492

Tabel L: Korelasi Data Lab.

Depth	Jenis tanah	N	ϕ	E	γ_{wet}	γ_d	Nq	Nc	Gs	γ_{sat}	σ_v'	f
1	Clay sand, brown, non plasticity, low moisture content	5	20.01	1.43	1.54	1.08	6.407	14.84	2.62	1.67	1.67	
2	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8	20.01	1.43	1.54	1.08	6.407	14.84	2.62	1.67	3.33	
3	Sandy clay, grey, low plasticity, low moisture content	8	20.01	1.43	1.54	1.08	6.407	14.84	2.62	1.67	5.00	
4	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	3	19.66	1.68	1.42	0.97	6.196	14.52	2.60	1.60	6.39	
6	Clay, brown, low plasticity, high moisture content	4	25.85	1.25	1.74	1.18	11.672	22.02	2.66	1.74	10.43	
8	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	7	27.73	1.21	1.75	1.20	13.550	25.30	2.66	1.75	14.01	
10	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	28.77	1.17	1.76	1.22	16.044	27.39	2.66	1.77	17.66	
12	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	9	28.77	1.14	1.78	1.25	16.044	27.39	2.67	1.78	21.37	
14	Clayey sand, grey, non plasticity, high moisture content	8	28.27	1.10	1.79	1.26	15.184	26.36	2.65	1.79	25.01	
16	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	28	34.99	0.57	2.06	1.70	33.261	46.08	2.67	2.06	33.03	9.86
18	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	30	35.52	0.60	2.05	1.67	35.614	51.065	2.67	2.04	36.80	11.01
20	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	46	35.52	0.60	1.42	1.67	35.614	51.065	2.67	2.04	40.89	12.23
22	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	60	35.52	0.60	1.42	1.67	35.614	51.065	2.67	2.04	44.98	13.45
24	Sand, grey, non plasticity, low moisture content	52	35.52	0.60	1.42	1.67	35.614	51.065	2.67	2.04	49.07	14.68



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL PERUMAHAN
DIREKTORAT RUMAH SUSUN

PENGUNDA JASA:
RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS
SNVT PENYEDIAAN PERUMAHAN
PROVINSI SUMATERA UTARA

NAMA PEKERJAAN:
PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
Jalan Selamat Kotamadya/Passir V Medan

SHOP DRAWING

KETERANGAN:

DIREKTANJIL:
PEJABAT PEMBUAT KONTAK
RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS

(Signature)
NAMA: AHMAD RANGKUTI, ST
NIP. 1970 1005 199203 1 007

DIPERIKSA DAN DIBETULUI:
KONSULTAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
PT. ARIHTA TEKNIK PERSADA

(Signature)
ANDRES MAESA, ST
TEAM LEADER

DIAJUKAN OLEH:
KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. RAZASA KARYA

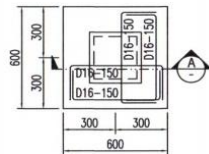
(Signature)
SAHLI PRIONO, ST
PROJECT MANAGER

JUDUL GAMBAR:

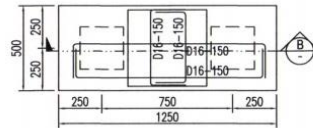
MONITORING TITIK PANCANG

SKALA: NTS

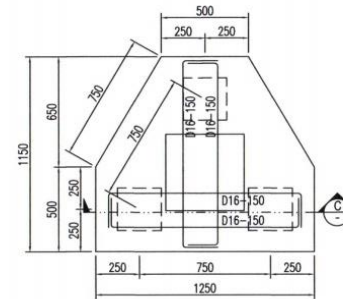
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	KET:
S-01-01A	11	



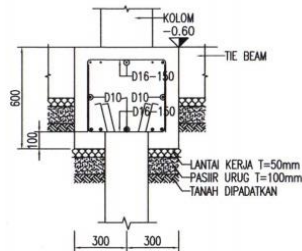
DETAIL PC1
SKALA 1 : 25



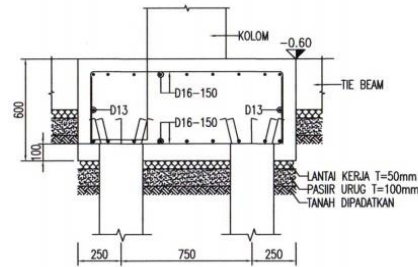
DETAIL PC2
SKALA 1 : 25



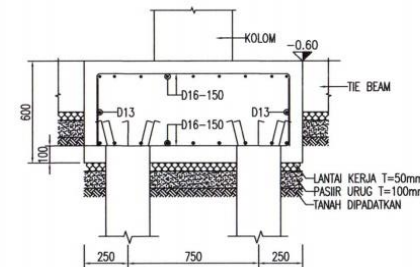
DETAIL PC3
SKALA 1 : 25



POTONGAN - A
SKALA 1 : 25



POTONGAN - B
SKALA 1 : 25



POTONGAN - C
SKALA 1 : 25



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL PERUMAHAN
DIREKTORAT RUMAH SUSUN

PENGUNA JASA :
RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS
SWT PENYEDIAAN PERUMAHAN
PROVINSI SUMATERA UTARA

NAMA PEKERJAAN :
PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
Jalan Selamat Ketaren/Pasar V Medan

SHOP DRAWING

KETERANGAN:

DIKETAHUI

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN
RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS

(Signature)
NAMA : AHMAD RANDUJIT, ST
1976 1008 198003 13007

DIPERIKSA/DAN DISETUJUI:
KONSULTAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
PT. ARIHITA TEKNIK PERSADA



ANDRES MAESA, ST
TEAM LEADER

DIJAJUKAN OLEH:

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. RAZASA KARYA



(Signature)
SAHLI PRIONO, ST
PROJECT MANAGER

JUDUL GAMBAR:

DETAIL PILECAP

SKALA: 1 : 25

KODE GAMBAR

NO. GAMBAR

KET:

S-01-05

15



PT. REKAYASA GEOTEKNIK UTAMA
 Pile Fondation & Hydraulic Static Piling System Specialist

PROJECT: RUSW UNIMED
 LOCATION: Jl. Selamat Kelana

PILLING POINT NO. : 16y OWNER :
E4-P2
 AXIS : TYPE OF PILE : □ 25x25
 SECTION LENGHT : 1 st). 6m 2nd). 6m 3th). 6m 4th). 5th). 6th).
 CASTING DATE : Pelangs 2 III

PILLING DATE : 09-05-2020
 OPERATOR : TAMBIN JAWA

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	1		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	7		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	5		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	17	69.8	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 : 16 Meter
 DOLLY :
 TIME START :
 TIME COMPLETED :

CHECKED BY,
 SUPERVISOR CONSULTANT
 PT.

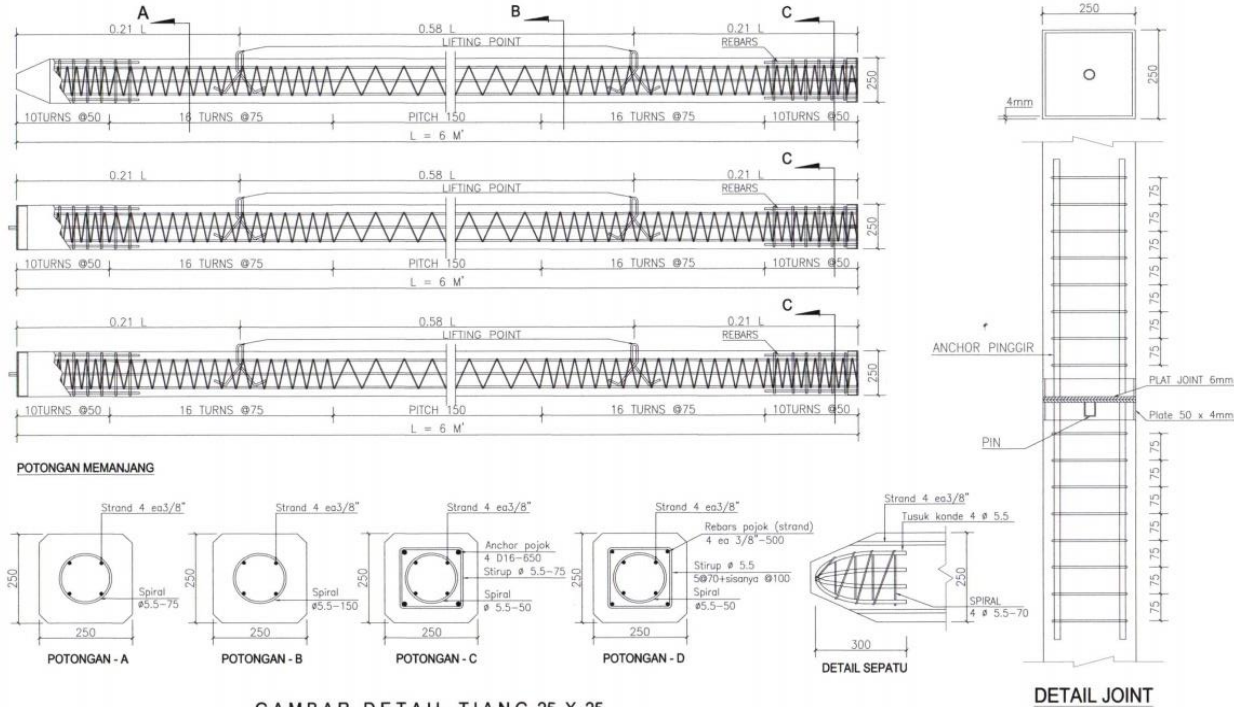
PREPARED BY,

 SITE SUPERVISOR

APPROVED BY,
 OWNER/MAIN CONTRACTOR
 PT.

 RAHAR

NOTE :
 - KAPASITAS TIANG PANGCANG = 35 TON
 - KAPASITAS LATERAL TIANG = 1,8 TON
 - MOMENT CRACKING MIN = 2 TON METER



GAMBAR DETAIL TIANG 25 X 25

DETAIL JOINT



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL PERUMAHAN
 DIREKTORAT RUMAH SUSUN

PENGUNA JASA :
 RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS
 SWIT PENYEDIAAN PERUMAHAN
 PROVINSI SUMATERA UTARA

NAMA PEKERJAAN :
 PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA
 UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
 Jalan Gelama Kotabaru/Pasar V Medan

SHOP DRAWING

KETERANGAN

DIKETAHUI :
 PEJABAT PEMBAIUT KONTIMEN
 RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS

(Signature)
 NAMA: SHIMAN RANGKUTI, ST
 NIP. 1970 1005 198203 1 007

DIPERIKSA DAN DISetujui :
 KONSULTAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
 PT. ARIHTA TEKNIK PERSADA

(Signature)
 ANDRES MAESA, ST
 TEAM LEADER

DIJUKAN OLEH :
 KONTRAKTOR PELAKSANA
 PT. RAZASA KARYA

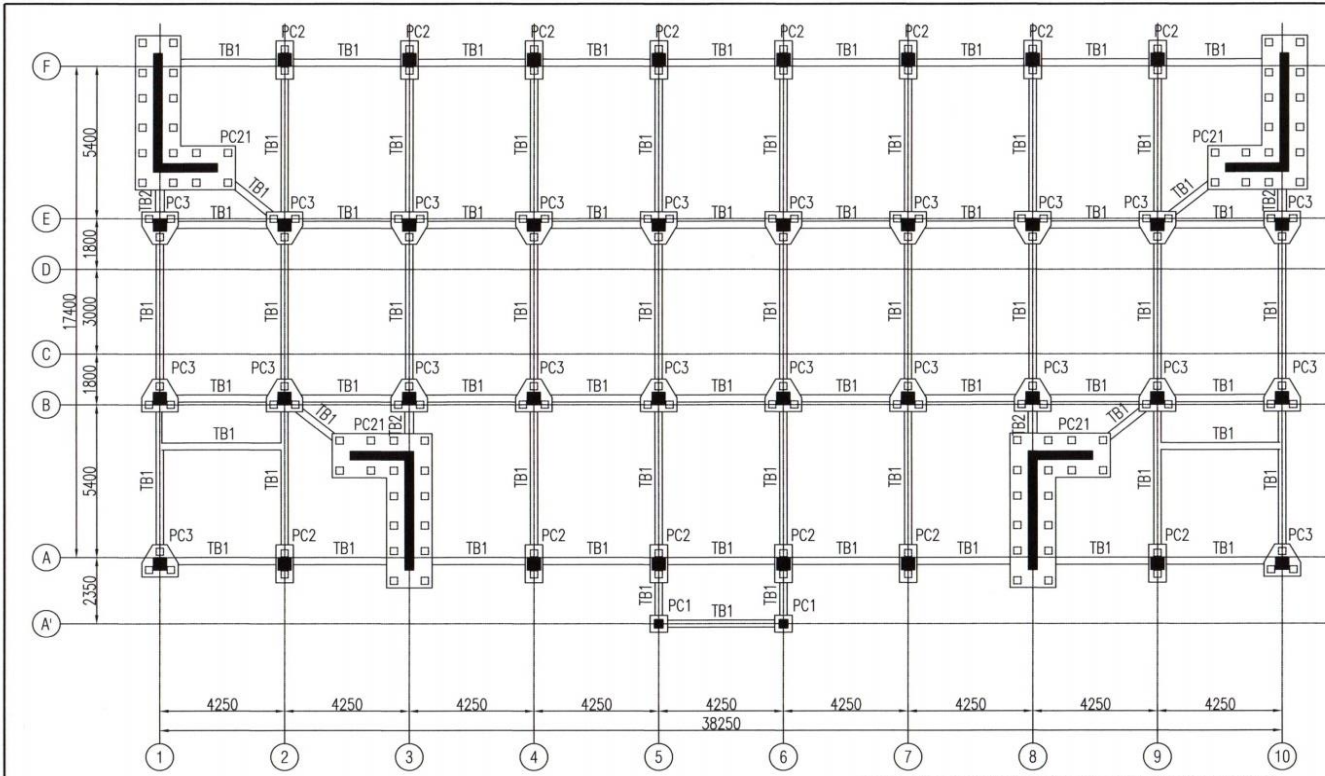
(Signature)
 SAHLI PRIONO, ST
 PROJECT MANAGER

JUDUL GAMBAR :

DETAIL TIANG PANGCANG

SKALA : NTS

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR	KET :
S-01-02	12	



DENAH PILECAP & TIEBEAM
SKALA 1 : 200

Tipe Balok	TB1		TB2
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
DIMENSI	250x450		300x500
TULANGAN ATAS	4 D16	4 D16	5 D16
TULANGAN BAWAH	4 D16	4 D16	5 D16
SENGKANG	D10-150	D10-200	D10-150
TULANGAN PINGGANG	2010	2010	-
PENGKAT	-	-	-



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL PERUMAHAN
DIREKTORAT RUMAH SUSUN

PENGUNA JASA :
RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS
SWIT PENYEDIAAN PERUMAHAN
PROVINSI SUMATERA UTARA

NAMA PEKERJAAN :
PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN MAHASISWA
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
Jalan Setemart Ketan/Pasar V Medan

SHOP DRAWING

KETERANGAN :

DIKETAHUI :

PEJABAT PEMBUAT KONTAMEN
RUMAH SUSUN DAN RUMAH KHUSUS

(Signature)
NAMA : ANDRES MAESA, ST
NIK : 1970 1005 198003 1 007

DIPERIKSA DAN DIBETULI :

KONSULTAN MANAJEMEN KONSTRUKSI
PT. ARIHTA TEKNIK PERSADA

(Signature)
ANDRES MAESA, ST
TEAM LEADER

DIJAJUKAN OLEH :

KONTRAKTOR PELAKSANA
PT. RAZASA KARYA

(Signature)
SAHLI PRIONO, ST
PROJECT MANAGER

JUDUL GAMBAR :

DENAH PILECAP & TIEBEAM

SKALA : 1 : 200

KODE GAMBAR	NO GAMBAR	KET :
S-01-04	14	



Daftar Riwayat Hidup

Nama : Muhammad Ali Ihsan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 8 Juni 1997
Alamat : Jl. M. Yacub No.82 , Kecamatan Medan Perjuangan,
Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.
Agama : Islam
No. Hanpone : 0822274622170
E_mail : muhammadaliihsan1@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Nurul Azan, SE
Ibu : Zulfiana.A.Hrp

JENJANG PENDIDIKAN

1. SD Pertiwi, Medan : 2003-2009
2. SMP Pertiwi, Medan : 2009-2012
3. SMA Negeri 3, Medan : 2012-2015
4. Melanjutkan kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara