

**ANALISIS KAPASITAS DUKUNG STATIS TIANG PANCANG  
BERDASARKAN DATA N-SPT PADA GEDUNG KULIAH  
KAMPUS PELITA INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana*

*Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik*

*Universitas Islam Riau*

*Pekanbaru*



Oleh

**ANANDA JONAYA PUTRA**

**143110452**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata 1), baik di Universitas Islam Riau maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Pekanbaru, 09 September 2020

Yang Bersangkutan Pernyataan

Ananda Jonaya Putra

143110452

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillahirabbil'alamin, Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "**ANALISIS KAPASITAS DUKUNG STATIS TIANG PANCANG BERDASARKAN DATA N-SPT PADA GEDUNG KULIAH KAMPUS PELITA INDONESIA**". Tugas akhir ini berupa skripsi sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana pada program studi strata 1 (S1) Falkutas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini berisi tentang rangkuman dan kesimpulan selama penulis melakukan penelitian dan analisa. Rangkuman dan kesimpulan ini disusun dalam bab-bab, bab tersebut terdiri dari bab I yang berisi tentang latar belakang, bab II berisi tentang tinjauan pustaka, bab III berisi tentang landasan teori, bab IV berisi tentang metodologi penelitian, bab V berisi tentang hasil dan pembahasan, dan bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

Penulis berharap tugas akhir ini bisa bermanfaat mahasiswa/i Teknik Sipil, penulis juga menyadari masih terdapat kekurangan dalam menyusun tugas akhir ini, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan dari pembaca agar kedepannya bisa lebih baik lagi.

**Pekanbaru, Juni 2020**

**Penulis**

## UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamualaikum Wr.Wb.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST., M.Si Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT sebagai Dosen Pembimbing Sekaligus Penguji.
9. Ibu Roza Mildawati ST., MT dan Bapak Firman Syarif ST., MT sebagai Dosen Penguji.

10. Bapak dan Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Seluruh karyawan dan karyawan fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Ayahanda dan Ibunda tercinta Joninai dan Nuraini, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
13. Kakak saya Yeni Ariska Putri, Sherly Jonaya Putri dan Adik saya Rheisyadinda Jonaya Putri, Reisherynda Jonaya Putri yang tidak pernah berhenti memberikan motivasi dan selalu memberikan semangat kepada penulis.
14. Kepada Pimpinan Proyek Gedung Kuliah Kampus Pelita Indonesia beserta karyawan yang telah memberikan data-data, serta izin melakukan penelitian.
15. Buat teman-teman seperjuangan Rizki, Nanda, Yogie, Eki, Irkhas, Indra, Rafi, Ikhsan, Edward dan teman-teman lainnya di Fakultas Teknik serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin

***Wassalamu'alaikum Wr. Wb.***

Pekanbaru, Juni 2020

Penulis

**Ananda Jonaya Putra**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusah Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	2
1.4 Manfaat Penulisan .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSATAKA</b>	
2.1 Umum .....	4
2.2 Penelitian Terdahulu .....	4
2.3 Keaslian Penelitian.....	6
<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Umum .....	7
3.2 Pondasi.....	7
3.2.1 Pondasi dangkal .....	7
3.2.2 Pondasi dalam .....	8
3.3 Pondasi tiang.....	8

3.3.1	Kategori pondasi tiang.....	8
3.3.2	Klasifikasi tiang berdasarkan metode pelaksanaan .....	9
3.3.3	Jenis pondasi tiang menurut cara pemindahan beban .....	9
3.3.4	Jenis pondasi tiang menurut bahan yang digunakan.....	10
3.3.5	Jenis pondasi tiang berdasarkan cara pembuatan .....	13
3.4	Metode pemancangan tiang.....	13
3.4.1	Konvensional .....	13
3.4.2	<i>Jack in-pile</i> .....	14
3.4.3	Gaya tekan dongkrak ( <i>jack in-force</i> ) mesin <i>jack in pile</i> .....	15
3.5	<i>Pile Driving Analysis (PDA)</i> .....	16
3.6	Penyelidikan tanah.....	17
3.6.1	Uji penetrasi standart (SPT).....	17
3.6.2	Koreksi nilai SPT.....	19
3.7	Parameter tanah .....	21
3.7.1	Sistem klasifikasi tanah .....	21
3.7.2	Sistem klasifikasi unified.....	21
3.7.3	Parameter-parameter yang digunakan .....	22
3.8	Kapasitas dukung tiang aksial pondasi tiang pancang dengan persamaan empiris.....	27
3.9	Rumus persamaan empiris yang dapat digunakan untuk menghitung tahanan ujung dan tahanan gesek berdasarkan data SPT .....	28
3.10	Kapasitas dukung tiang dalam tanah kohesif .....	30
3.11	Faktor aman .....	31
3.12	Penurunan tiang .....	33
3.12.1	Penurunan tiang tunggal dengan rumus <i>poulos-davis</i> .....	33
3.12.2	Penurunan izin berdasarkan SNI 8460:2017.....	37
3.12.3	Penurunan izin berdasarkan <i>Flemming 1922</i> .....	37
3.13	Metode elemen hingga.....	38
3.14	Plaxis .....	40
3.15	Pemodelan pada program plaxis.....	40

## BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1	Lokasi Penelitian .....	43
4.2	Teknik Pengumpulan Data .....	43
4.3	Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	44
4.4	Cara Analisis.....	45

## BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1	Pendahuluan .....	48
5.2	Hasil Pengelola Data .....	48
5.2.1	Klasifikasi tanah data SPT .....	49
5.2.2	Parameter lapisan setiap Tanah.....	49
5.3	Hasil parameter tanah untuk input plaxis .....	52
5.4	Hasil analisa beban yang bekerja pada pondasi tiang pancang menggunakan etabs .....	55
5.5	Hasil analisis daya dukung pondasi.....	57
5.6	Hasil analisis penurunan pondasi tiang pancang.....	59
5.7	Hasil perbandingan Kuat dukung tiang statis dan Penurunan tiang .....	59
5.7.1	Hasil perbandingan kapasitas dukung ultimit menggunakan metode statis, data pda test, data tekan tiang, dan metode elemen hingga .....	59
5.7.2	Hasil perbandingan analisa penurunan menggunakan metode statis, pda test, dan metode elemen hingga .....	60
5.8	Faktor aman pada tiang pancang .....	61

**BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan.....63  
6.2 Saran.....64

**DAFTAR PUSTAKA.....65**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**



## DAFTAR TABEL

		<b>Halaman</b>
Tabel 3.1	Nilai-nilai tipikal beban izin tiang beton pracetak (Hardiyatmo,2010) .....	11
Tabel 3.2	<i>SPT hammer efficiencies</i> (Clayton,1990) .....	19
Tabel 3.3	<i>Borehole, Sampler and Roadcorrection factor</i> (Skempton, 1986) .20	20
Tabel 3.4	Modulus elastisitas tanah (Hardiyatmo, 2002).....	22
Tabel 3.5	Hubungan jenis tanah, konsistensinya dan <i>poisson's Ratio</i> (Hardiyatmo,2015) .....	23
Tabel 3.6	Hubungan kuat tekan bebas dengan konsistensinya.....	24
Tabel 3.7	Nilai koefisien permeabilitas tanah (Das, 1995) .....	25
Tabel 3.8	Berat jenis tanah (Gs) (Hardiyatmo, 2002) .....	25
Tabel 3.9	Nilai $n$ , $e$ , $\gamma_m$ , $\gamma_d$ untuk tanah keadaan asli di lapangan.....	26
Tabel 3.10	Penggunaan faktor aman klasifikasi struktur .....	32
Tabel 5.1	Klasifikasi jenis tanah berdasarkan data SPT titik BH-02 .....	49
Tabel 5.2	Klasifikasi parameter tanah di kedalaman 1.00 m-21.00 m.....	49
Tabel 5.3	Klasifikasi parameter tanah di kedalaman 21.00 m-34.45 m.....	51
Tabel 5.4	Parameter tanah kedalaman 1.00-14.00 meter .....	52
Tabel 5.5	Parameter tanah kedalaman 14.00-23.00 meter .....	53
Tabel 5.6	Parameter tanah kedalaman 23.00-34.45 meter .....	54
Tabel 5.7	Hasil analisa beban maksimal pada pondasi tiang pancang menggunakan <i>Software</i> ETABS.....	55
Tabel 5.8	Hasil analisa beban pada pondasi tiang pancang yang terdapat PDA Test menggunakan <i>software</i> ETABS .....	56
Tabel 5.9	Kuat dukung ultimit <i>Mayerhof</i> .....	57
Tabel 5.10	Kuat dukung ultimit <i>Briaud</i> .....	58
Tabel 5.11	Faktor aman pada tiang pancang .....	61

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 3.1 Mesin jack-in pile .....	15
Gamabr 3.2 metode kerja <i>SPT</i> (SNI 4153:2008) .....	18
Gambar 3.3 Faktor adhesi ( $\alpha$ ) (McClelland, 1974 dalam hardiyatmo 2015).....	31
Gambar 3.4 Faktor penurunan $I_0$ ( Poulod dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015).....	34
Gambar 3.5 Koreksi kompresi $R_k$ ( Poulod dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015).....	35
Gambar 3.6 Koreksi kedalaman $R_h$ ( Poulod dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015).....	35
Gambar 3.7 Koreksi angka poisson, $R_\mu$ ( Poulod dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015).....	36
Gambar 3.8 Koreksi kekakuan lapisan pendukung, $R_b$ ( Poulod dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015).....	37
Gambar 3.9 Jenis-jenis elemen.....	39
Gambar 3.10 Titik nodal dan titik integrasi .....	39
Gambar 3.11 Model pondasi tiang pancang.....	40
Gambar 4.1 Lokasi penelitian .....	43
Gambar 4.2 Bagan alir penelitian.....	47
Gambar 5.1 Lokasi titik <i>Bore Hole</i> .....	48
Gambar 5.2 Detail titik AS 6-C.....	56
Gambar 5.3 Grafik daya dukung tiang metode <i>Mayerhof</i> .....	57
Gambar 5.4 Grafik daya dukung tiang metode <i>Briaud</i> .....	58
Gambar 5.5 Grafik Penurunan pondasi .....	59
Gambar 5.6 Grafik perbandingan kuat dukung ultimit .....	60
Gambar 5.7 Grafik perbandingan penurunan pondasi.....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
<b>LAMPIRAN A. PERHITUNGAN</b>	
A.1	Beban Yang Bekerja Setiap Tiang..... A-1
A.2	Perhitungan N-SPT Terkoreksi ..... A-2
A.3	Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Pancang..... A-7
A.4	Rekap kapasitas dukung tiang pancang ..... A-19
A.5	Perhitungan faktor aman..... A-19
A.6	Perhitungan penurunan Tiang Pancang tunggal ..... A-20
<b>LAMPIRAN B. ANALISA DENGAN PROGRAM ETABS DAN PLAXIS</b>	
B.1	Analisa Beban Rencana Pada Pondasi Tiang Pancang Menggunakan ETABS .....B-1
B.2	Analisa Kapasitas Dukung Dan Penuruna Tiang Pancang Menggunakan Metode Elemen Hingga 2D V 8.6 .....B-10
<b>LAMPIRAN C. DATA SEKUNDER</b>	
<b>LAMPIRAN D. SURAT - SURAT</b>	

## DAFTAR NOTASI

B	= Lebar (m)
$\gamma'$	= Berat Volume Efektif (kN/m <sup>3</sup> )
d	= Diameter (cm)
$c_u$	= Kohesi tak terdrainase (kN/m <sup>2</sup> )
E	= Modulus young (kg/cm <sup>2</sup> )
$\mu$	= Poisson Rasio
$k_x$	= Koefisien permeabilitas arah horizontal (m/day)
$k_y$	= Koefisien permeabilitas arah vertikal (m/day)
Gs	= Berat Jenis
Sr	= Drajat Kejenuhan (%)
n	= Porositas (%)
e	= Angka Pori
w	= Kadar Air (%)
$\gamma_m$	= Berat Volume Basah (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_d$	= Berat Volume Kering (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_w$	= Berat Volume air (9,81kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_{sat}$	= Berat Volume jenuh air
$\phi$	= Sudut Geser Dalam (°)
Qu	= Kapasitas dukung ultimit (kN)
Qa	= Kapasitas dukung izin (kN)
Qb	= Kapasitas dukung ujung ultimit (kN)
Qs	= Kapasitas dukung gesek ultimit (kN)
Wp	= Berat sendiri tiang (kN)
$f_b$	= Tahanan Ujung (kN/m <sup>2</sup> )
$f_s$	= Tahanan Gesek (kN/m <sup>2</sup> )

$A_b$	= Luas penampang ujung taing bawah ( $m^2$ )
$A_s$	= Luas Tiang (m)
$f_c'$	= Mutu beton (Mpa)
$f_y$	= Mutu baja (Mpa)
$p_o'$	= Tekanan <i>overburden</i> efektif ( $kN/m^2$ )
$I_r$	= Indeks kekakuan
$N_\gamma, N_q$	= Faktor - faktor kapasitas dukung
$K_o$	= Koefisien tekanan tanah lateral saat diam
$z_c$	= Kedalaman kritis (m)
$\alpha$	= Faktor adhesi
$\lambda$	= Koefisien tidak berdimensi
$N_{60}$	= N- <i>SPT</i> yang dikoreksi terhadap cara pengujian saja.
$C_1$	= Nilai koreksi <i>SPT</i> terhadap cara pengujian.
$E_m$	= <i>Hammer efficiency</i>
$C_B$	= Koreksi diameter bor
$C_S$	= Koreksi sampler
$C_R$	= Koreksi panjang stang
$N$	= Harga <i>SPT</i> lapangan
$N_{60}'$	= Nilai <i>SPT</i> terkoreksi cara pengujian dan tegangan <i>overburden</i> $KM$
$C_N$	= Faktor koreksi <i>overburden</i>
$\sigma_{ov}$	= Tekanan <i>overburden</i> ( $ton/m^2$ )
$z$	= kedalaman (m)
$S$	= Penurunan tiang tunggal (mm)
$S_f$	= Faktor aman
$Q$	= Beban yang bekerja (kN)
$I_o$	= Faktor pengaruh penurunan uantuk tiang yang tidak mudah mampat dalam massa semi tak

terhingga

- $R_k$  = Faktor koreksi kemudahan - mampatan  
(kompresibilitas) tiang untuk  $\mu = 0,5$
- $R_h$  = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang  
terletak pada tanah keras
- $R_\mu$  = Faktor koreksi angka poisson
- $K$  = Faktor kekakuan tiang
- $R_a$  = Rasio area tiang



**ANALISIS KAPASITAS DUKUNG STATIS TIANG PANCANG  
BERDASARKAN DATA N-SPT PADA GEDUNG KULIAH  
KAMPUS PELITA INDONESIA**

**ANANDA JONAYA PUTRA**

**NPM: 143110452**

**ABSTRAK**

Pondasi merupakan salah satu struktur yang penting dalam suatu struktur bangunan, untuk itu suatu pondasi harus direncanakan dengan memperhatikan kondisi tanah dan beban yang akan bekerja di atas pondasi. Pondasi yang ditinjau dalam penelitian ini yaitu yang memiliki beban aksial maksimum. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan kapasitas dukung pondasi tiang pancang tunggal terhadap beban aksial maksimum, dan untuk mengetahui penurunan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode statis dan metode elemen hingga 2D, untuk menghitung kapasitas dukung tiang pancang tunggal pada pondasi AS 6-C digunakan 2 metode statis yaitu metode Mayerhof 1976, Briaud 1985, serta untuk metode elemen hingga 2D digunakan metode aksisimetri, untuk menghitung penurunan pondasi tiang pancang tunggal yang terjadi pada pondasi AS 6-C dihitung menggunakan metode penurunan Poulos dan Davis dan metode elemen hingga 2D yang digunakan adalah metode aksisimetri.

Hasil dari analisa penelitian kapasitas dukung yang mendekati hasil PDA test pada titik 6-C adalah metode Briaud 1985 dengan nilai kapasitas dukung tiang berkisar 1891,35 kN dan faktor aman yang diperoleh 1,56. sedangkan pada metode Meyerhof 1976 diperoleh kapasitas dukung lebih besar dan penurunan yang kecil, Penurunan yang mendekati penurunan PDA test adalah metode elemen hingga 2D dengan interface yakni 20,08 mm. sedangkan penurunan dengan metode Poulos dan Davis 2 mm serta semua perhitungan penurunan lebih kecil dari penurunan izin sebesar 50 mm.

**Kata Kunci:** Kapasitas Dukung, Penurunan, Tiang Pancang, PDA test

**STATIC BEARING CAPACITY ANALYSIS OF DRIVEN PILE BASED  
ON N-SPT DATA ON LECTURE BUILDING OF PELITA INDONESIA  
CAMPUS**

**ANANDA JONAYA PUTRA**

**NPM: 1431104502**

**ABSTRACT**

Foundation is the one of important thing in a building structure, there for a foundation must be plan by considering a soil and loads that will work on it. The foundation that reviewed in this research is a foundation has maximum axial pile load. This study is aimed to determine the comparison bearing capacity of single pile to calculate maximum load, and to piles settlements.

The method used in this study is static method and 2D finite element method, to calculation the bearing capacity of single pile on AS 6-C fondation used two static method which is meyerhof 1976 method, Briaud 1985, and for 2D finite element method used aksisimetri method, to calculate a single pile foundation reduction that happened in AS 6-C foundation calculate by poulus and davis reduction methode and 2D finite element method used is aksisimetri methode.

The result of the study analysis, bearing capacity which approach the PDA test results on 6-C point is Briaud 1985 with score bearing capacity of pile like 1891.35 kN and safe factor obtained 1,56. whereas in the Meyerhof 1976 method, the carrying capacity was greater and the settlements was smaller. An approach settlement the PDA Test reduction is 2D finite element method is 20,08 mm. whereas the decrease using the Poulus and Davis method is 2 mm and all the calculation of the reduction is smaller than the decrease in the permit of 50 mm.

**Keywords:** Bearing Capacity, Decline, Pile, PDA test

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi dalam suatu bangunan merupakan bagian paling bawah dan berhubungan langsung dengan tanah. Pada struktur bangunan, pondasi berfungsi untuk memikul beban bangunan yang ada di atasnya. Untuk menghasilkan bangunan yang kokoh, pondasi juga harus direncanakan dan dikerjakan dengan sangat hati-hati. Pondasi harus diperhitungkan sedemikian rupa baik dari segi dimensi maupun secara analitis mekanis.

Pondasi sebagai struktur bawah secara umum dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Untuk konstruksi beban ringan dan kondisi lapisan tanah yang baik biasanya cukup digunakan jenis pondasi dangkal, sedangkan untuk konstruksi struktur atas yang memiliki beban berat biasanya jenis pondasi dalam.

Pada pembangunan gedung kampus Pelita Indonesia yang terdiri dari 5 lantai ini, gedung difungsikan sebagai gedung perkuliahan, jenis pondasi yang digunakan pada bangunan ini ialah pondasi dalam tiang pancang. Terdapat beberapa metode dalam pelaksanaan pondasi dalam yaitu konvensional yang menggunakan pemukul jatuh (*drop hammer*), tiang bor (*bored pile*), dan metode tiang ditekan masuk kedalam tanah (*jack-in pile*). Metode pemancangan yang digunakan kan proyek ini ialah (*jack in-pile*), suatu metode dimana tiang pancang ditekan dengan menggunakan alat berat yang bernama HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) beserta beban untuk tiang pancang sehingga tidak menimbulkan getaran atau kebisingan, dengan begitu sewaktu pemancangan dilakukan tidak menimbulkan dampak buruk ke gedung sekitarnya. Dikarenakan kekuatan pondasi yang dipancang menggunakan mesin (*jack-in pile*) bisa dapat langsung diketahui, maka hal tersebut yang melatar belakangi untuk melakukan perbandingan hasil kapasitas dukung dan penurunan yang terjadi pada tiang pancang dengan menggunakan metode statis, uji test PDA, HSPD, dan metode elemen hingga 2D. Adapun metode yang digunakan

untuk menganalisis kuat dukung dan penurunan tiang pancang diantaranya dengan metode analitis menggunakan data SPT dan dengan menggunakan program metode elemen hingga dimana metode ini membuat beberapa bagian daerah yang akan dianalisis menjadi bagian kecil yang disebut elemen. Untuk metode analitis digunakan metode Meyerhof (1976) dan Briaud (1985).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka perumusan masalah dapat digunakan sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan kapasitas dukung tiang pancang tunggal yang terjadi dengan metode statis, metode elemen hingga 2D, Uji HSPD dan PDA test?.
2. Bagaimana perbandingan penurunan tiang pancang tunggal yang terjadi pada pondasi dengan metode statis, metode elemen hingga 2D, Uji HSPD dan PDA test?.
3. Berapakah faktor aman yang bekerja pada tiang pancang tunggal?.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan dan pembahasan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung perbandingan kapasitas dukung tiang pancang tunggal dengan metode statis, elemen hingga 2D, Uji HSPD dan PDA test.
2. Menghitung perbandingan penurunan tiang pancang tunggal dengan metode statis, elemen hingga 2D, Uji HSPD dan PDA test.
3. Menentukan faktor aman pondasi tiang pancang tunggal terhadap beban yang bekerja.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat diperoleh gambaran analisis pemancangan tiang pada pembangunan Kampus Pelita Indonesia
2. Menambah ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman penulis agar mampu melakukan pekerjaan yang sama saat terjun ke lapangan.
3. Bagi mahasiswa sebagai referensi mengenai perhitungan tiang pancang menggunakan data N-SPT.

#### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada permasalahan ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung ulang beban struktur gedung yang bekerja dengan kombinasi beban mati, beban hidup, beban gempa.
2. Menghitung kuat dukung pondasi dan penurunan yang terjadi
3. Metode analisis kapasitas dukung fondasi tiang pancang menggunakan metode statis meyerhof, dan briaud.
4. Perhitungan hanya menggunakan data tanah *standart penetration test* SPT.
5. Membandingkan hasil perhitungan dengan metode elemen hingga 2D, Uji HSPD data PDA test.
6. Faktor aman yang digunakan adalah 2 pada kontrol baik permanen
7. Hanya menghitung tiang pancang tunggal.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Tinjauan pustaka memuat tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu serta memiliki hubungan yang erat dengan penelitian yang sedang dilakukan yang dapat membantu memberikan solusi untuk pemecahan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan. Beberapa referensi diantaranya yang melakukan penelitian terkait dengan pondasi adalah Ariantoro (2015), Santosa (2015), Wardani (2016).

#### 2.2 Penelitian Terdahulu

Ariantoro (2015), dalam penelitiannya mengenai " perbandingan analisis kapasitas dukung tiang tunggal pondasi *minipile* menggunakan rumus dinamik hasil uji SPT dengan hasil uji PDA ". Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yakni mengenai perbandingan kapasitas dukung pondasi *Minipile* dengan formula dinamis dan hasil tes SPT terhadap hasil tes PDA. Penelitian ini menggunakan beberapa formula dinamis, termasuk: rumus hilley (1930), formula janbu (1953), disempurnakan oleh Mansur-hunter (1970), formula Sandres (1851), formula olsen-flat (1967), pasific coast uniform building code ( PCUBC), dan data SPT dihitung menggunakan beberapa metode, yaitu; Metode Meyerhof dan Metode Poulus dan Davis (1980). Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data survei tanah dengan hasil tes SPT dan tes PDA. Hasil membandingkan daya dukung pondasi *minipile* dengan rumus dinamis, hasil uji SPT, dan uji PDA berbeda satu sama lain, seperti yang terlihat dari nilai rasio kapasitas daya yang ditunjukkan oleh  $Q_{u-lab}$ , dan  $Q_{u-SPT}$ , masing-masing. kurang dari 1 dan lebih dari 1. Hasil yang lebih dekat dengan kapasitas dukung pondasi *Minipile* yang dipasang didasarkan pada hasil tes Meyerhof.

Santosa (2015), dalam penelitiannya tentang " korelasi kapasitas dukung aksial pondasi tiang menggunakan persamaan empiris dan gaya tekan dongkrak mesin *jack-in pile* ". Masalah yang diangkat ialah *Jack-in pile* adalah sistem pondasi tiang yang implementasinya ditekan ke tanah dengan jack hidrolik. Kelebihan alat ini adalah bebas dari kebisingan / getaran dan polusi. Hasil kekuatan tekan harus dibandingkan dengan hasil analisis kapasitas dukung tiang berdasarkan data tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah perbandingan korelasi antara daya dukung aksial dari pondasi tiang dari rumus empiris metode Meyerhof (1976), Briaud (1985), Sew-Meng (2009), dan Hong (2012) dengan kekuatan kompresi dari *Jack-in pile* pada studi lokasi yang ditinjau. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji penetrasi standar (SPT). Penelitian ini menghasilkan perbandingan korelasi antara rumus empiris dan daya tekan Jack seperti yang diprediksi  $Q_u$  Meyerhof = 0,849  $Q_F^{1,1302}$ ,  $Q_u$  Briaud =  $172,21 e^{0,0023QF}$ ,  $Q_u$  Sew-Meng =  $177,26 e^{0,029QF}$ ,  $Q_u$  Hong =  $4,565 Q_F^{0,847}$ , dengan koefisien korelasi masing-masing sebesar 0,765; 0,778; 0,664; dan 0,859. Dari hasil ini, disimpulkan bahwa Metode Meyerhof (1976) memiliki hasil yang dekat dengan nilai gaya tekan dongkrak.

Wardani (2016), dalam penelitiannya tentang "Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Statis Metode Dinamis Dan Kekuatan Bahan Berdasarkan Data NSPT (Studi Kasus Pembangunan Hotel Ayola Surabaya)". Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah faktor keamanan di mana kualitas struktur dan perencanaan pondasi dijamin. Pondasi yang digunakan untuk pembangunan Surabaya Ayola Hotel 10 lantai adalah fondasi dalam yang berdiameter 40 cm dengan kedalaman 20 m berdasarkan data Standard Penetration Test (SPT). Data SPT menunjukkan bahwa jenis tanah yang dominan adalah variasi tanah liat dan pasir rendah. Perencanaan dasar harus dilakukan melalui analisis metode statis dan dinamis, di samping itu, perlu untuk menganalisis kekuatan bahan di sekitar tiang. Metode statis membandingkan metode Meyerhof dan Luciano Decourt, sedangkan metode dinamis menggunakan metode Hiley dan metode ENR yang dimodifikasi. Beban yang direncanakan diambil dari nilai beban maksimum hasil Program Bantuan SAP 92-ton. Perhitungan kapasitas operasi

metode Luciano Decourt yang dipilih statis dengan kapasitas operasi 134,71 ton, daya dukung metode dinamis memilih metode ENR sebesar 97.068 ton. Dari analisis kekuatan material diperoleh kekuatan 103,62 T dibandingkan dengan daya dukung statis, dimana dari hasil ini mencapai kekuatan 77% daya dukung statis. Dari hasil perhitungan dan analisis diperoleh bahwa metode dinamik < metode statis > rencana beban. Sehingga perencanaan pondasi perlu meningkatkan kualitas tiang pancang sehingga bekerja secara optimal.

### 2.3 Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan oleh peneliti dalam penelitian Tugas Akhir ini memang terdapat kesamaan dengan judul-judul peneliti terdahulu akan tetapi juga terdapat perbedaan seperti lokasi penelitian, metode perhitungan yang digunakan, jenis tanah, kondisi tanah dan fungsi bangunan. Maka dari itu seluruh penelitian ini adalah benar hasil penelitian penulis dan penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya sebagai objek penelitian tugas akhir.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Umum

Pada dasarnya tiang pancang berfungsi sebagai pondasi, karena elevasi dari tanah keras yang mampu menahan bangunan tersebut berada sangat jauh di bawah permukaan tanah. Untuk menyalurkan gaya berat dari bangunan tersebut sampai ke tanah keras yang dimaksud, perlu ada perantaranya yaitu berupa pondasi tiang pancang.

#### 3.2 Pondasi

Pondasi adalah bagian dari sistem rekayasa yang membawa beban yang didukung oleh pondasi dan membawa beratnya sendiri ke dan dari tanah dan batu di bawahnya (Bowles, 1997). Pondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu Pondasi dangkal, dan Pondasi dalam. Pondasi dangkal digunakan ketika lapisan tanah keras tidak jauh dari permukaan tanah. Pondasi dangkal dirancang dengan kedalaman lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi ( $\frac{D_f}{B} \leq 1$ ). Pondasi dalam digunakan ketika lapisan tanah keras jauh dari permukaan. Pondasi dalam dirancang dengan kedalaman lebih besar atau sama dengan lebar pondasi ( $\frac{D_f}{B} \geq 4$ ) (Das, 1995).

##### 3.2.1 Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti :

1. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain
2. Pondasi telapak yaitu pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
3. Pondasi rakit (*raft foundation*) yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila

susunan kolom – kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi – sisinya berimpit satu sama lain.

### 3.2.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang melanjutkan tekanan bangunan pada tanah atau batu keras, yang relatif jauh dari permukaan (Hardiyatmo, 2002). Jenis jenis tipe pondasi dalam seperti di bawah ini:

1. Pondasi sumuran / *caisson*, yang merupakan transisi antara pondasi dangkal dan pondasi tanah, digunakan ketika tanah keras relatif dalam.
2. Pondasi tiang, digunakan ketika tanah pondasi pada kedalaman normal tidak mampu menopang beban kerja dan tanah keras sangat dalam. Pondasi tiang biasanya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dari pondasi sumuran.

### 3.3 Pondasi Tiang

Pondasi tiang digolongkan berdasarkan kualitas bahan material dan cara pelaksanaan. Menurut kualitas bahan material yang digunakan, tiang pancang dibedakan menjadi empat yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja dan tiang pancang komposit (kayu – beton dan baja – beton) (Sardjono, 1991).

#### 3.3.1 Kategori Pondasi Tiang

Pondasi tiang dapat dikategorikan dalam tiga kategori (Hardiyatmo, 2010) sebagai berikut:

1. Tiang Perpindahan besar  
tiang padat atau berlubang dengan ujung tertutup direncanakan di dalam tanah sehingga ada volume transmisi tanah yang relatif besar. Tiang perpindahan besar yaitu tiang kayu, tiang beton padat, tiang beton prategang (padat atau berlubang), tiang baja bulat (ditutup di ujungnya).
2. Tiang perpindahan kecil  
Sama seperti kategori tiang pertama, hanya volume tanah yang diturunkan ketika pemancangan relatif kecil, misalnya: tiang beton ujung terbuka, tiang

beton pracetak ujung terbuka, tiang baja H, tiang baja bulat ujung terbuka, Tiang berulir.

### 3. Tiang tanpa perpindahan

terdiri dari tiang yang dipasang di tanah dengan menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang tanpa perpindahan adalah tiang bor, yang merupakan tiang yang pengecoran langsung di lubang yang dihasilkan dari pengeboran tanah (pipa baja diletakkan di lubang dan cor beton).

#### 3.3.2 Klasifikasi Tiang Berdasarkan Metode Pelaksanaan

Klasifikasi tiang yang didasarkan pada metode pelaksanaannya (Hardiyatmo, 2010) di bagi tiga yaitu :

1. Tiang pancang yaitu tiang dipasang dengan membuat bahan bulat atau persegi yang pertama kali dicetak dahulu dan kemudian dipancang atau didorong ke tanah.
2. Tiang Bor yaitu Tiang dipasang dengan pertama-tama tanah dibor dulu ke kedalaman tertentu, kemudian tulangan baja ditempatkan di lubang bor dan kemudian diisi / dituangkan dengan beton.
3. Kasion bentuk kotak atau silinder pertama kali ditekan, ditempatkan di dalam tanah, pada kedalaman tertentu, kemudian diisi dengan beton. Kadang kasion juga disebut tiang bor dengan diameter / lebar yang besar..

#### 3.3.3 Jenis Pondasi Tiang Menurut Cara Pindahkan Beban

Menurut metode pemindahan beban, tiang pancang (Hardiyatmo, 2002) dibagi menjadi dua:

1. *Point bearing pile* atau tiang pancang dengan resistansi ujung. Tiang ini melewati beban melalui resistansi ujung ke lapisan tanah yang keras yang mampu menerima beban yang diperoleh oleh tiang. Lapisan tanah yang keras bisa dari tanah liat yang keras hingga batu yang sangat keras.
2. *Friction pile* yaitu tiang pancang yang bertahan pada pelekatan antaran tiang dan tanah dibagi menjadi dua:
  - a. *Friction pile* di tanah dengan butiran tanah kasar dan mudah melewati air. Tiang ini menempatkan ketegangan di tanah melalui kulit (gesekan

kulit). Proses pemilihan pemancangan tiang dilakukan dalam kelompok (grup), dimana tanah antara tiang menjadi kuat.

- b. *Friction pile* di tanah dengan butiran tanah halus dan sangat sulit melewati air. Tiang ini juga membawa beban melintasi tanah (gesekan kulit). Namun, dalam proses pemasangan tiang ini, tanah diantara tiang tidak semakin padat.

### 3.3.4 Jenis Pondasi Tiang Menurut Bahan Yang Digunakan

Menurut bahan yang digunakan, tiang pancang dibagi enam (Hardiyatmo,2010) yaitu :

#### 1. Tiang kayu

Tiang kayu adalah tiang kayu, biasanya dengan diameter 10-25 cm. Tiang kayu cerucuk banyak digunakan di Indonesia untuk meningkatkan kapasitas operasi tanah lunak dengan diameter 8-10 cm dan panjang 4 meter. Tiang kayu lebih murah dan lebih mudah digunakan daripada jenis tiang lainnya. Permukaan tiang mungkin dilindungi atau tidak, tergantung pada kondisi tanah. Tiang kayu ini mudah busuk atau dirusak karena makan serangga dan bisa terjadinya pelapukan. Untuk mencegah kerusakan pada tiang kayu, terutama pada saat pemancangan, ujung tiang dilindungi dengan sepatu besi. Beban maksimum yang dapat dipikul tiang kayu adalah 300 KN.

#### 2. Tiang beton pracetak

Tiang beton pracetak adalah tiang beton yang dicetak ke suatu tempat dan diangkut berdasarkan rencana bangunan. Tiang beton umumnya dalam bentuk prisma atau bulat dan diameternya umumnya digunakan untuk tiang tanpa lubang antara 20 - 60 cm. Sedangkan untuk pilar berlubang, diameternya bisa mencapai 140 cm dan panjang tiang beton pra-cetak biasanya berkisar antara 20-40 meter untuk yang tanpa lubang. Untuk tiang tanpa lubang, 60 meter dapat dicapai. Beban maksimum yang dapat dibawa untuk tiang regangan kecil adalah antara 300 - 800 kN.

Adapun Keuntungan dan kerugian menggunakan tiang pancang pracetak yang sudah dibuat sebelumnya meliputi:

- a) Keuntungan
  - a. Bahan-bahan dapat diuji sebelum pemancangan.
  - b. Prosedur implementasi tidak terpengaruh oleh air tanah.
  - c. Tiang bisa dipancang dengan kedalaman yang dalam.
  - d. Tiang pancang dapat meningkatkan kepadatan tanah granular.
- b) Kerugian
  - a. Gangguan permukaan tanah dan gangguan tanah akibat pemancangan dapat menyebabkan masalah..
  - b. Tiang kadang-kadang rusak karena pemancangan.
  - c. Pemancangan akan sulit jika diameter tiang terlalu besar.
  - d. Banyaknya tulangan dipengaruhi oleh tegangan yang terjadi pada waktu pemancangan dan pengangkutan tiang.
  - e. Pemancangan menimbulkan gangguan suara, getaran dan deformasi tanah yang dapat menimbulkan kerusakan bangunan disekitarnya.

Nilai – nilai beban maksimum tiang beton pracetak pada umumnya, yang ditinjau dari segi kekuatan bahan tiangnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Nilai – nilai tipikal beban izin tiang beton pracetak (Hardiyatmo, 2010)

Diameter Tiang (cm)	Beban Maksimum (kN)
30	300 – 700
35	350 – 850
40	450 – 1200
45	500 – 1400
50	700 – 1750
60	800 – 2500

1. Tiang beton cetak ditempat.

Tiang betong cetak ditempat ada dua jenis yaitu :

a. Tiang berselubung pipa

Pada tiang yang diselubungi pipa, pipa baja pertama kali dimasukkan ke tanah dan kemudian ke dalam lubang mortar beton dimasukkan dan pipa tetap di tanah.

b. Tiang tanpa berselubung pipa

Dalam pipa yang tidak ditutupi oleh pipa, pipa baja berlubang dipancang terlebih dahulu ke dalam tanah, kemudian ke dalam lubangnya dimasukkan beton dan pipa ditarik keluar sesudah atau ketika pengecoran.

2. Tiang bor.

Tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai dan cor beton. Tiang ini bila dipakai pada tanah stabil dan kaku maka dimungkinkan untuk membentuk lubang bor yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air pipa selubung dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

3. Tiang baja profil

Tiang baja profil mengandung tiang pancang dengan bahan baja profil. Tiang-tiang ini mudah dirawat dan dapat mendukung beban dampak tinggi ketika dipancang pada lapisan keras. Profil tiang baja berbentuk profil H, segi empat, segi enam dan lain - lain.

4. Tiang komposit

Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah – masalah pada kondisi tanah tertentu. Problem pembusukan tiang kayu diatas muka air tanah misalnya, dapat diatasi dengan memancang tiang komposit yang terdiri dari

tiang beton dibagian atas yang disambung dengan tiang kayu dibagian bawah zona muka air tanah.

### 3.3.5 Jenis Pondasi Tiang Berdasarkan Cara Pembuatan

Tiang pancang beton berdasarkan cara pembuatannya dibedakan menjadi tiga macam (Sardjono, 1991) yaitu :

1. *Precast reinforced concrete pile* adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dituangkan ke dalam cetakan beton yang cukup berat dan kemudian diangkat dan dipancang. Karena tegangan tarik beton kecil hampir sama dengan nol, di mana berat beton itu sendiri besar, tumpukan beton harus diperkuat dengan tulangan yang cukup kuat, sehingga pada saat mengangkat dan memancang dapat memikul momen lentur. Pada jenis tiang pancang beton ini dapat memikul beban lebih besar dari pada 50 ton untuk masing – masing tiang, sedangkan penampangnya dapat berupa lingkaran, segi empat, dan segi delapan.
2. *Precast prestressed concrete pile* adalah tiang pancang yang dalam pelaksanaannya perbuatannya sama seperti pembuatan beton *prestres*, yaitu menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah mengeras. Untuk jenis tiang pancang ini biasanya dibuat di pabrik khusus, mengenai ukuran tiang pancang dapat dipesan langsung sesuai dengan yang diperlukan.

## 3.4 Metode Pemancangan Pondasi Tiang

Dalam pemancangan tiang ke dalam tanah, tiang dipancang dengan metode Konvensional ataupun dengan hidrolis (*jack-in pile*).

### 3.4.1 Konvensional

1. Pemukul jatuh (*drop hammer*)  
Pemukul jatuh terdiri dari blok pemberat yang jatuh ke bawah. pemberat ditarik hingga ketinggian tertentu dan kemudian ditarik keluar dan mengenai tiang. Menggunakan alat ini memperlambat implementasi

pelaksanaan, jadi alat ini hanya digunakan pada volume pekerjaan yang kecil.

2. Pemukul aksi tunggal (*single-acting hammer*)

Pemukul aksi tunggal memanjang dengan *Ram* bergerak melalui udara atau uap terkompresi, di mana untuk turun *Ram* disebabkan oleh beratnya sendiri.

3. Pemukul aksi dobel (*double-acting hammer*)

Pemukul aksi dobel menggunakan uap atau udara untuk mengangkat *ram* dan untuk mempercepat gerakan ke bawahnya.

4. Pemukul diesel (*diesel hammer*)

Pemukul aksi ini umumnya kecil, ringan dan digerakkan dengan menggunakan bahan bakar minyak.

5. Pemukul getar (*vibratory hammer*)

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

### 3.4.2 *Jack-in pile*

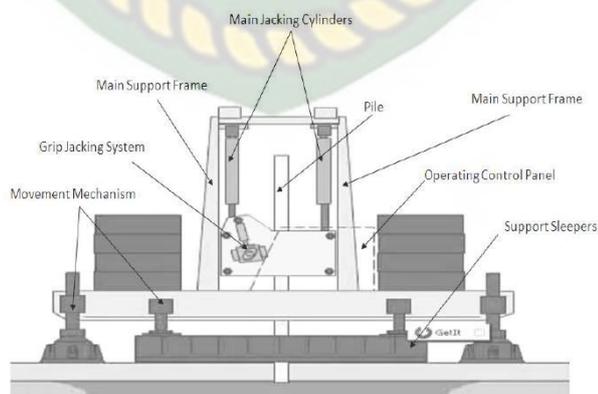
*Jack-in pile* adalah suatu sistem pemancangan pondasi tiang yang pelaksanaannya ditekan masuk ke dalam tanah dengan menggunakan dongkrak hidrolik yang diberi beban *counterweight* sehingga tidak menimbulkan getaran dan gaya tekan dongkrak langsung dapat dibaca melalui manometer sehingga gaya tekan tiang mencapai kedalaman tertentu dapat diketahui. Metode kerja *Jack-in pile* adalah sebagai berikut :

1. Memberi tanda setiap 1 meter pada dinding tiang pondasi yang digunakan untuk acuan membaca manometer yang ditampilkan pada mesin hidrolik.
2. Mengangkat tiang pancang dengan *crane* yang terdapat pada mesin *jack-in pile* atau dengan bantuan alat *mobile crane* ketika *service crane* tidak tersedia.
3. Melakukan pekerjaan tiang pancang dengan memasukkan secara perlahan kedalam lubang pengikat tiang pancang dengan grip.

4. Sistem *jack-in* naik dan menjepit tiang dengan penjepit. Ketika tiang dipegang dengan *grip*, tiang ditekan oleh mesin hidrolik.
5. Membaca bacaan pada manometer yang ditampilkan akibat gaya yang dibutuhkan untuk menekan tiang setiap meternya.
6. Ketika tiang pertama belum mencapai tanah keras, *crane* mengangkat tiang kedua saat mengulang ke tahap pertama.
7. Hubungkan tiang pertama ke tiang kedua menggunakan sistem pengelasan penuh. Agar proses pengelasan berlangsung dengan baik dan sempurna, kedua ujung batang yang terhubung harus benar-benar tanpa rongga. Pengelasan harus dilakukan dengan hati-hati karena kesalahan dapat berakibat fatal, yang berarti beban tidak didistribusikan dengan benar.
8. Pemancangan dihentikan jika data yang ditampilkan pada bacaan manometer tidak bergerak dan pile sudah tidak bias ditekan lagi.
9. Sisa tiang diatas permukaan tanah harus dipotong rata dengan tanah untuk memudahkan mobilisasi alat hidrolik berpindah ketitik selanjutnyap

### 3.4.3 Gaya Tekan Dongkrak (*jack-in force*) Mesin *jack-in pile*

*Jack-in-Pile* adalah sistem pondasi tiang di mana implementasinya didorong ke tanah dengan jack hidrolik. Sistem bekerja dengan memuatnya sehingga tidak menyebabkan getaran dan gaya kompresi langsung dapat dibaca melalui manometer. Dan kekuatan tekan setiap tiang mencapai kedalaman tertentu dapat diketahui. Sistem ini juga tidak menimbulkan kebisingan dan getaran ketika pemancangan terjadi.



**Gambar 3.1** Mesin *jack-in pile*

### 3.5 *Pile Driving Analysis (PDA)*

PDA adalah sistem yang terdiri dari perangkat elektronik komputer dan dilengkapi dengan sensor akselerometer dan *strain transducer*. PDA didasarkan pada analisis data dari hasil rekaman gelombang yang terjadi ketika sebuah tiang dipukul dengan alat palu pancang. Regangan dan akselerasi gelombang karena pengaruh alat diukur dengan *strain transducer* dan akselerometer. Uji beban untuk mencari kapasitas tiang pancang dengan beban dinamis menggunakan sistem terkomputerisasi yang dilengkapi dengan *strain transducer* dan akselerator untuk menentukan gaya dan kecepatan dalam bentuk grafis, ketika pondasi tiang sedang diuji dengan *hammer*. Untuk melakukan tes ini diperlukan beban dinamis dalam bentuk tumbukan di tiang. Pada tiang pancang, tes PDA biasanya dilakukan dengan *hammer* yang ada. Tumbukan yang akan terjadi akan menghasilkan gelombang, gaya dan kecepatan berputar, dalam menghitung kapasitas dukung. Hasil uji PDA kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan *Case Pile Wave Analysis Programme (CAPWAP)*. Analisis menggunakan CAPWAP dihasilkan: Kapasitas dukung ( $R_u$ ); End force ( $R_b$ ); Gesekan ( $R_s$ ); *Displacement (DMX)*. *Pile Driving Analyzer* Alat dan peralatan pengujian yang digunakan meliputi:

1. Model PDA PAX.
2. Empat (4) *transduser* regangan dengan kabel.
3. Empat (4) *accelerometer* dengan kabel.
4. Alat Bantu, seperti Bor Beton, Baut *Fischer*, Rol Kabel dan Peralatan Keamanan.

Persiapan ujian dilakukan sebelum implementasi pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Sebuah kepala tiang harus tegak, lurus dengan permukaan yang rata.
- b. Siapkan palu (*hammer*) dan *cushion* tiang di kepala tiang.
- c. Transduser dan akselerator dipasang pada dua sisi tiang yang saling berhadapan dengan jarak minimum 50 cm dari ujung kepala tiang. Keempat pori sensor dipasang secara vertikal atau sejajar dengan tiang.
- d. Periksa hubungan antara semua instrumen dan PDA.
- e. Penyesuaian kinerja dan kalibrasi accelerometer.

- f. Masukkan seluruh data tiang yang direncanakan, palu, dan instrumen lainnya sebagai data input (Input) PAX Model PDA.
- g. Periksa data input yang Anda terima sehingga tes dapat dilakukan dengan benar. Setelah langkah persiapan selesai, tes dilakukan dengan *hammer* dengan berat 10 ton dari ketinggian 1,5 m untuk mendapatkan energi yang cukup dan tekanan yang terletak pada tiang tidak menyebabkan kerusakan pada *hammer*. Selama pukulan, variabel yang diperoleh dari tes dipantau dan dievaluasi.

### 3.6 Penyelidikan tanah

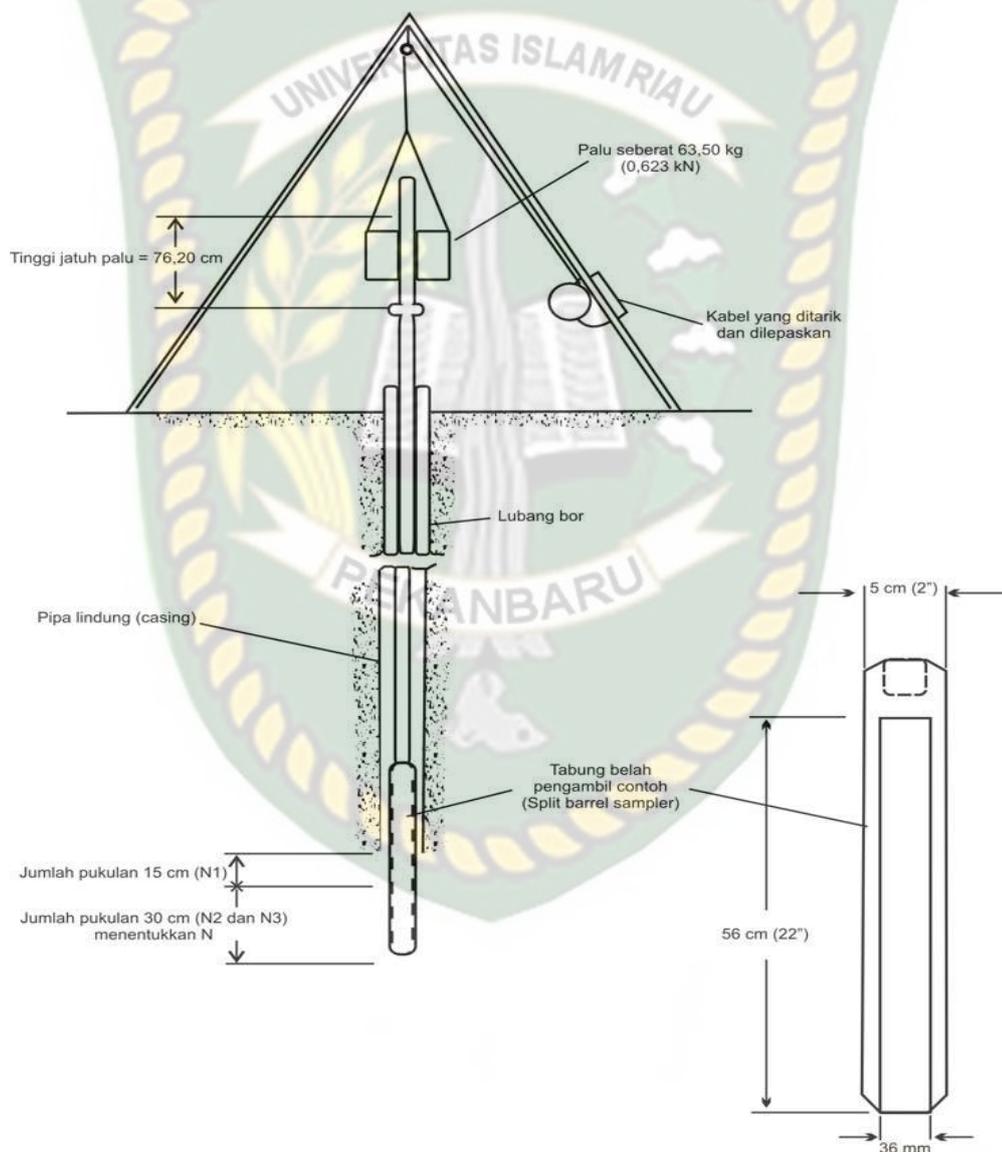
Penyelidikan tanah dilapangan dibutuhkan untuk data perencanaan pondasi bangunan-bangunan seperti : bangunan gedung, dinding penahan tanah, bendungan, jalan dan dermaga. Penyelidikan dapat dilakukan dengan cara menggali lubang uji (*test-pit*), pengeboran, dan uji secara langsung dilapangan (*in-situtest*). Dari data yang diperoleh, sifat-sifat teknis tanah dipelajari, kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis kapasitas dukung dan penurunan. Tujuan penyelidikan tanah antara lain (Hardiyatmo,2006).

1. Tentukan daya dukung tanah sesuai dengan jenis pondasi yang dipilih.
2. Tentukan tipe dan kedalaman fondasi.
3. Untuk menentukan posisi level air tanah.
4. Kemampuan untuk mengurangi penurunan.
5. Tentukan jumlah tekanan tanah pada dinding penyangga atau dasar jembatan (*abutment*).
6. Selidiki keamanan struktur ketika investigasi dilakukan pada bangunan yang sudah ada sebelumnya.
7. Untuk proyek jalan dan irigasi, survei tanah berguna untuk menentukan lokasi saluran, gorong-gorong, lokasi dan berbagai jenis tanah.

#### 3.6.1 Uji penetrasi standart (SPT)

Standard Penetration Test (*SPT*) adalah metode uji yang digunakan bersama dengan pengeboran untuk mengetahui, baik ketahanan dinamis tanah maupun pengambilan sampel tanah oleh teknik tumbukan. Tes *SPT* terdiri dari tes pemukulan tabung split dinding tebal ke dalam tanah, disertai dengan pengukuran

jumlah pukulan untuk memasukkan tabung sedalam 300 mm secara vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini, palu 63,5 kg digunakan yang berulang kali diturunkan ke ketinggian 0,76 m. tes dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tingkat keberhasilan 150 mm untuk setiap tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sedangkan jumlah pukulan untuk memasuki tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk mendapatkan nilai N atau resistansi SPT (dinyatakan dalam pukulan per 30 cm) (SNI 4153; 2008) Metode kerja *SPT* disajikan dalam **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** Metode kerja *SPT* (sumber : SNI 4153:2008)

### 3.6.2 Koreksi Nilai *SPT*

Hasil uji *SPT* yang diperoleh dari lapangan perlu dilakukan koreksi. Pada data uji *SPT* terdapat dua jenis koreksi, yaitu koreksi efisiensi alat (cara pengujian) dan koreksi tegangan *overburden* efektif (kedalaman).

1. Skempton (1986), mengembangkan koreksi nilai *SPT* sebagai berikut :

$$N_{60} = N \cdot C_1 \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

$C_1$  = Nilai koreksi *SPT* terhadap cara pengujian.

$N$  = Harga *SPT* lapangan

$N_{60}$  = N-*SPT* yang dikoreksi terhadap cara pengujian saja.

$$C_1 = \frac{E_m \times C_B \times C_S \times C_R}{0,60} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan :

$E_m$  = *Hammer efficiency* (Tabel 3.2)

$C_B$  = Koreksi diameter bor (Tabel 3.3)

$C_S$  = Koreksi sampler (Tabel 3.3)

$C_R$  = Koreksi panjang stang (Tabel 3.3)

**Tabel 3.2** *SPT hammer efficiencies (Clayton, 1990).*

Country	Hammer Type	Hammer Release Mechanism	Hammer Efficiency, $E_m$
Argentina	Donut	Cathead	0.45
Brazil	Pin Weight	Hand Dropped	7.2
China	Automatic	Trip	0.6
	Donut	Hand Dropped	0.55
Colombia	Donut	Cathead	0.5
	Donut	Cathead	0.5

**Tabel 3.2 Lanjutan**

Japan	<i>Donut</i>	<i>Tombi Trigger</i>	0.78 - 0.85
	<i>Donut</i>	<i>Cathead 2 turns + Special release</i>	0.65 - 0.67
UK	<i>Automatic</i>	<i>Trip</i>	0.73
USA	<i>Safety</i>	<i>2 turns on cathead</i>	0.55 - 0.60
	<i>Donut</i>	<i>2 turns on cathead</i>	0.45
Venezuela	<i>Donut</i>	<i>Cathead</i>	0.43

**Tabel 3.3 Borehole, Sampler and Rod correction factors (Skempton, 1986)**

<i>Factor</i>	<i>Equipment Variables</i>	<i>Value</i>
Borehole diameter factor, $C_b$	2,5-4,5 in (65 - 115 mm)	1.0
	6 in (150 mm)	1.05
	8 in (200 mm)	1.15
Sampling method factor, $C_s$	Standard Sample Sampler without liner	1.0
	(not recommended)	1.2
Rod length factor, $C_R$	10 - 13 ft (3 - 4 m)	0.75
	13 - 20 ft (4 - 6 m)	0.85
	20 - 30 ft (6 - 10 m)	0.95
	> 30 ft (>10 m)	1.0

2. Koreksi tegangan *overburden* efektif sebagai berikut :

$$N_{60}' = C_N N_{60} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dengan :

$N_{60}'$  = Nilai *SPT* terkoreksi cara pengujian dan tegangan *overburden*

$N_{60}$  = *N-SPT* yang dikoreksi terhadap cara pengujian saja

$C_N$  = Faktor koreksi *overburden*

Koreksi *overburden* (dalam ton) dengan rumus sebagai berikut :

$$C_N = \sqrt{\frac{10}{\sigma_{ov}}} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\sigma_{ov} = z \gamma' \dots\dots\dots (3.5)$$

Dengan :

$\sigma_{ov}$  = Tekanan *overburden* (ton/m<sup>2</sup>)

$z$  = kedalaman (m)

$\gamma'$  = Berat volume efektif

### 3.7 Parameter tanah

#### 3.7.1 Sistem Klasifikasi Tanah

Secara umum, penentuan sifat tanah sering ditemukan pada masalah teknis tanah. Hasil investigasi properti ini kemudian dapat digunakan untuk mengatasi masalah tertentu seperti:

1. Penentuan penurunan bangunan
2. Penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji guna menghitung koefisien permeabilitas.
3. Untuk mengevaluasi stabilitas tanah yang miring

Dalam banyak masalah teknis (seperti perencanaan jalan, bendungan dan urugan, dll.), Pemilihan lahan dan kelompok atau subkelompok yang memiliki sifat atau perilaku yang sama akan sangat membantu. Pemilihan ini disebut *klasifikasi*.

#### 3.7.2 Sistem klasifikasi tanah *unified*

Pada sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. Huruf pertama pada pemberian nama kelompoknya adalah merupakan singkatan dari jenis-jenis tanah berikut (Hardiyatmo,2002) :

- G* = kerikil (*gravel*)
- S* = Pasir (*sand*)
- C* = lempung (*clay*)
- M* = lanau (*silt*)
- O* = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)
- Pt* = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)
- W* = gradasi baik (*well-graded*)
- P* = gradasi buruk (*poorly-graded*)
- H* = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)
- L* = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

### 3.7.3 Parameter-Parameter yang Digunakan

#### 1. Modulus Young (E)

Modulus young adalah besarnya elastisitas tanah yang terjadi akibat dari perbandingan tegangan terhadap regangan yang bias dapat uji triaxial. Menurut Bowles, 1997, modulus elastisitas tanah dapat ditentukan pada jenis lapisan.

**Tabel 3.4** Modulus elastisitas tanah (Hardiyatmo, 2002)

JenisTanah	Modulus Young (E <sub>s</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>
LEMPUNG	
sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Berpasir	300 – 425
PASIR	

**Tabel 3.4 Lanjutan**

Berlanau	50 – 200
tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
<b>PASIR DAN KERIKIL</b>	
Padat	800 – 2000
tidak padat	500 – 1400
LANAU	20 – 200
LOESS	150 – 600
LANAU SERPIH	1400– 14000

## 2. Poisson's Ratio ( $\mu$ )

Rasio poisson dianggap sebagai 0,2 – 0,4 dalam pekerjaan mekanika tanah. Nilai 0,5 biasanya digunakan untuk tanah jenuh dan nilai 0 sering digunakan untuk tanah kering dan tanah lainnya untuk perhitungan yang mudah. Ini karena nilai rasio poisson untuk tanah sulit.

**Tabel 3.5** Hubungan jenis tanah , konsistensinya dan *Poisson's Ratio* ( $\mu$ )

(Hardiyatmo,2015)

<b>Tanah dan Batu</b>	<b>Rasio Poisson (<math>\mu</math>)</b>
Lempung Jenuh, kondisi <i>undrained</i>	0,50
Lempung tidak jenuh	0,30 – 0,40
Pasir padat kondisi terdrainase	0,30 – 0,40
Pasir longgar kondisi terdrainase	0,1 – 0,3
Batu Pasir	0,25 – 0,30
Granit	0,23 – 0,27

### 3. Sudut Geser Dalam ( $\theta$ )

Sudut miring atau geser dalam bersama dengan kohesi adalah faktor kekuatan geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi karena tekanan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi karena kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Nilai sudut geser dalam diperoleh dari sifat rekayasa tanah, yaitu melalui uji triaksial dan uji geser langsung.

### 4. Kohesi ( $c$ )

Yakni, daya tarik antar partikel tanah. Seiring dengan sudut geser tanah, kohesi adalah parameter kekuatan geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi karena tegangan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi melalui kombinasi kondisi kritis tekanan normal dan geser.

Untuk kohesi tak terdrainase ( $C_u$ ) dapat diperoleh dengan mengetahui kuat tekan bebas ( $q_u$ ), melalui persamaan :

$$(C_u) = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots (3.6)$$

Hubungan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) tanah lempung dengan konsistensinya dapat dilihat pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.6** Hubungan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dengan konsistensinya  
(Hardiyatmo,2003)

Kosistensi	Kuat tekan bebas ( $q_u$ ) (KN/m <sup>2</sup> )
Lempung keras	> 400
Lempung sangat kaku	200 – 400
Lempung kaku	100 – 200
Lempung sedang	50 – 100
Lempung lunak	25 – 50
Lempung sangat lunak	< 25

### 5. Permeabilitas ( $k$ )

Koefisien permeabilitas dalam tanah adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan atau menyerap air (atau jenis cairan lainnya) melalui pori-pori tanah.

Nilai permeabilitas tanah dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti pada tabel berikut:

**Tabel 3.7** nilai permeabilitas tanah (Das, 1995)

Jenis Tanah	K	
	cm/dtk	ft/mnt
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 – 200
Pasir kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

#### 6. Berat jenis tanah ( $G_s$ )

Berat jenis tanah adalah perbandingan berat satuan bahan dengan berat satuan air. Nilai  $G_s$  juga bias didapatkan dari jenis tanah, nilai  $G_s$  berdasarkan jenis tanah ditunjukkan dalam **Tabel 3.8**.

**Tabel 3.8** Berat jenis tanah ( $G_s$ ) (Hardiyatmo,2002)

Macam tanah	Berat jenis ( $G_s$ )
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organic	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

7. Porositas, kadar air, angka pori, berat volume basah, berat volume kering

Nilai-nilai porositas, angka pori dan berat volume pada keadaan asli di alam dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh terzaghi (1947) ditunjukkan dalam **Tabel 3.9.**

**Tabel 3.9** Nilai  $n, e, w, \gamma_d, \gamma_b$  untuk tanah keadaan asli di lapangan

Macam tanah	$n$ (%)	$e$	$W$ (%)	$\gamma_d$ (Kn/m <sup>3</sup> )	$\gamma_b$ (Kn/m <sup>3</sup> )
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	14,3	18,9
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	17,5	20,9
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	15,9	19,9
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	18,6	21,6
Lempung lunak sedikit organik	66	1,90	70	-	15,8
Lempung lunak sangat organic	75	3,00	110	-	14,3

Hubungan antara angka pori dengan porositas :

$$e = \frac{n}{1 - n} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \dots\dots\dots (3.8)$$

Berat volume basah dinyatakan dalam rumus sebagaai berikut :

$$\gamma_b = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \dots\dots\dots (3.9)$$

Berat volume jenuh air ( $S=1$ )

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s+e)}{1+e} \dots\dots\dots (3.10)$$

Untuk tanah kering sempurna :

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} \dots\dots\dots (3.11)$$

Bila tanah terendam air, berat volume apung atau berat volume efektif dinyatakan sebagai  $\gamma'$ , dengan

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1) \gamma_w}{1+e} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots\dots\dots (3.13)$$

Dengan :

$\gamma_b$  = Berat volume jenuh air

$\gamma_{sat}$  = Berat volume jenuh air

$\gamma_d$  = Berat volume kering

$\gamma'$  = Berat volume efektif

$G_s$  = Berat jenis tanah

$W$  = Kadar air (%)

$e$  = Angka pori

$n$  = nilai porositas (%)

$\gamma_w$  =  $1t/m^3$  atau  $9,81 Kn/m^3$

### 3.8 Kapasitas Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang dengan Persamaan Empiris

Hitungan kapasitas dukung aksial pondasi tiang pancang dapat dilakukan dengan cara pendekatan empiris dan dinamik. Hitungan kapasitas dukung aksial pondasi tiang pancang secara empiris dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedangkan hitungan dengan cara dinamik dilakukan dengan menganalisa kapasitas uktimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang (*pilling record*). Hasil hitungan kapasitas dukung aksial pondasi tiang pancang yang didasarkan pada teori mekanika tanah

kadang-kadang masih perlu dicek dengan mengadakan pengujian tiang/trial pemancangan untuk meyakinkan hasilnya.

Rumus umum untuk mengetahui kapasitas dukung ultimit adalah :

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots (3.14)$$

$$Q_b = A_b f_b \dots\dots\dots (3.15)$$

$Q_b$  = Kapasitas dukung ujung tiang (ton)

$A_b$  = luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang (ton/m<sup>2</sup>)

$$Q_s = A_s f_s \dots\dots\dots (3.16)$$

$Q_s$  = kapasitas dukung ultimit tiang (ton)

$A_s$  = keliling penampang tiang (m<sup>2</sup>)

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang (ton/m<sup>2</sup>)

**3.9 Rumus persamaan empiris yang dapat digunakan untuk menghitung tahanan ujung dan tahanan gesek berdasarkan data SPT.**

1. Metode Meyerhof (1976)

Untuk tahanan ujung tiang dengan memperhatikan factor kedalaman, Meyerhof (1976) menyarankan :

Untuk tiang dalam pasir dan kerikil

$$f_b = 0,4 N_{60}' \left[ \frac{L}{d} \right] \sigma_r \leq 4 \times N_{60}' \sigma_r \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.17)$$

Untuk tiang dalam lanau tidak plastis

$$f_b = 0,4 N_{60}' \left[ \frac{L}{d} \right] \sigma_r \leq 3 \times N_{60}' \sigma_r \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.18)$$

Nilai maksimum dari persamaan tersebut diberikan, bila  $L/d \geq 10$  untuk pasir dan kerikil dan  $L/d \geq 7,5$  untuk lanau.

Dalam menghitung tahanan gesek satuan, Meyerhof (1976) menyarankan :

Untuk tiang perpindahan besar (tiang pancang) pada tanah tidak kohesif (pasir) :

$$f_s = \left[ \frac{1}{50} \sigma_r N_{60} \right] \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.19)$$

Untuk tiang perpindahan kecil pada tanah tidak-kohesif (pasir) :

$$f_s = \left[ \frac{1}{100} \sigma_r N_{60} \right] \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.20)$$

Dengan :

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_r$  = tegangan referensi = 100 kN/m<sup>2</sup>

$N_{60}$  = N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan saja

$N_{60}'$  = N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*

$L$  = kedalaman penetrasi tiang (m)

$d$  = diameter tiang (m)

## 2. Briaud (1985)

Untuk persamaan tahanan ujung tiang satuan Briaud (1985) menyarankan :

$$f_b = 19,7 \sigma_r (N_{60}')^{0,36} \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.21)$$

Untuk tahanan gesek satuan Briaud (1985) menyarankan :

$$f_s = 0,224 \sigma_r (N_{60}')^{0,29} \text{ (kN/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.22)$$

Dengan :

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma_r$  = tegangan referensi = 100 kN/m<sup>2</sup>

$N_{60}'$  = N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*

### 3.10 Kapasitas Dukung Tiang Dalam Tanah Kohesif

Kapasitas ultimit tiang yang dipancang dalam tanah kohesif, adalah jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang. Umumnya, bila tanah homogeny, tahanan gesek yang berupa adhesi antara sisi tiang tanah akan berpengaruh besar pada kapasitas ultimitnya.

#### a. Metode $\alpha$

Untuk menentukan tahanan gesek tiang yang dipancang di dalam tanah lempung, digunakan faktor adhesi ( $\alpha$ ) yang dikumpulkan McClelland (1974) (Gambar). Tahanan gesek tiang, adalah

$$Q_b = A_s f_s \dots\dots\dots (3.22)$$

$$f_s = \alpha C_u \dots\dots\dots (3.23)$$

dengan,

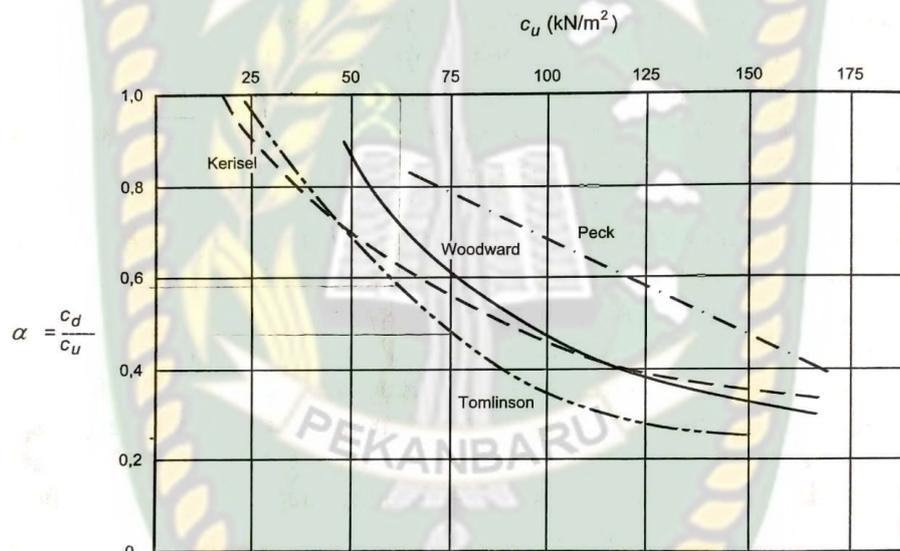
$f_s$  = tahanan gesek per satuan luas ( $\text{kN/m}^2$ )

$\alpha$  = faktor adhesi (Gambar)

$C_u$  = kohesi *tak terdrainase* rata-rata di sepanjang tiang ( $\text{kN/m}^2$ )

$A_s$  = luas selimut tiang ( $\text{m}^2$ )

Dalam gambar 3.3, terlihat bahwa lempung dengan  $C_u < 25 \text{ kN/m}^2$ ,  $\alpha$  bisa diambil sama dengan 1. Namun, untuk lempung kaku diperoleh nilai yang sangat berbeda-beda oleh pengaruh celah yang terbentuk pada waktu pemancangan tiang.



**Gambar 3.3** Faktor adhesi  $\alpha$  untuk tiang pancang pada tanah lempung (McLelland, 1974).

### 3.11 Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas izin tiang yang kokoh terhadap struktur, maka perlu membagi kapasitas ultimit tiang dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini diberikan dengan maksud sebagai berikut (Hardiyatmo, 2008)

1. Memberikan keamanan kepada ketidakpastian nilai kekuatan geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi tanah.

2. Untuk memastikan bahwa posisi penurunan yang tidak seragam antar tiang berada dalam batas toleransi.
3. Pastikan material tiang cukup aman untuk menopang beban kerja
4. Untuk memastikan bahwa penurunan total yang terjadi dalam satu tiang atau kelompok panah masih dalam batas toleransi.
5. Tunjukkan ketidakpastian metode perhitungan yang digunakan.

Pemilihan faktor aman (SF) untuk perencanaan pondasi tiang (Resse & O'Neill 1989) menyarankan seperti **Tabel 3.10** di bawah ini (Hardiyatmo, 2008).

**Tabel 3.10** Penggunaan faktor aman klasifikasi struktur (Resse & O'Neill 1989).

Klasifikasi Struktur	Faktor Aman (SF)			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2,3	3,0	3,5	4,0
Permanen	2,0	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2,0	2,3	2,8

Faktor aman dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut:

- a. Tiang tunggal

$$SF = Q_u / V \dots\dots\dots (3.24)$$

Dimana :

SF = Faktor aman.

$Q_u$  = Kapasitas dukung ultimit (kN)

$V$  = Gaya yang bekerja pada tiang tunggal (kN)

- b. Kelompok tiang

$$SF = Q_g / V \dots\dots\dots (3.25)$$

Dimana :

SF = Faktor aman.

$Q_g$  = Kapasitas dukung ultimit kelompok (kN).

$V$  = Gaya yang bekerja pada tiang kelompok (kN).

### 3.12 Penurunan Tiang

Selain dari kegagalan kuat dakung tanah, pada setiap proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan didalam tanah. Perubahan tegangan ini akan disertai dengan perubahan bentuk. Pada umumnya hal ini menyebabkan penurunan pada pondasi tiang pancang. Penurunan biasanya digolongkan sebagai berikut (Bowles, 1988):

1. Seketika atau elastik, mencakup sifat elastik tanah maupun tiang itu sendiri
2. Konsolidasi, atau penurunan yang tergantung waktu dan berlangsung dalam beberapa bulan sampai tahunan.

Pada penelitian ini masalah penurunan tiang menggunakan perhitungan penurunan elastik tiang.

#### 3.12.1 Penurunan Tiang Tunggal *Poulos – Davis*.

Menurut Poulos dan Davis (1980), penurunan jangka panjang dari pondasi tiang tunggal tidak perlu ditaksir terlalu tinggi, karena penurunan tiang akibat konsolidasi tanah relatif kecil. Ini karena fondasi tiang untuk gaya dukung ujung dan gaya dukung gesekan atau jumlah keduanya direncanakan.

Diperkirakan penurunan tiang dapat dihitung dengan :

- a. Tiang apung atau friksi

$$S = \frac{Q \cdot I}{E_S \cdot D} \dots \dots \dots (3.26)$$

dimana :

$$I = I_0 \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_\mu \dots \dots \dots (3.27)$$

Keterangan :

$S$  = besar penurunan yang terjadi (cm)

$Q$  = besar beban yang bekerja (kg)

$D$  = diameter tiang (cm)

$E_S$  = modulus elastisitas bahan tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_0$  = faktor pengaruh penurunan tiang yang tidak mudah mampat

(*Incompressible*) dalam massa semi tak terhingga

$R_k$  = faktor koreksi kemudahmampatan tiang untuk  $\mu = 0,3$

$R_h$  = faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras

$R_\mu$  = faktor koreksi angka poisson

$R_b$  = faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung

$H$  = kedalaman (cm)

$K$  adalah suatu ukuran kompresibilitas relatif dari tiang dan tanah yang dinyatakan oleh persamaan :

$$K = \frac{E_p \cdot R_a}{E_s} \dots \dots \dots (3.28)$$

Dimana :

$$R_a = \frac{A_p}{\frac{1}{4}\pi d^2} \dots \dots \dots (3.29)$$

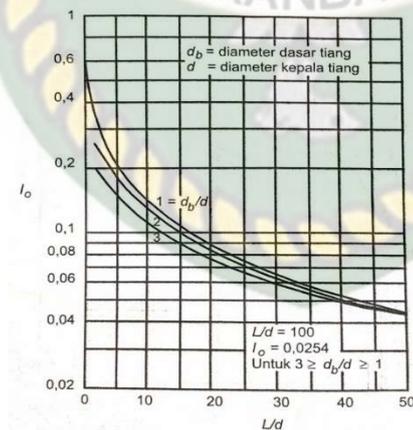
Dengan :

$K$  = faktor kekakuan tiang

$E_p$  = modulus elastisitas dari bahan tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

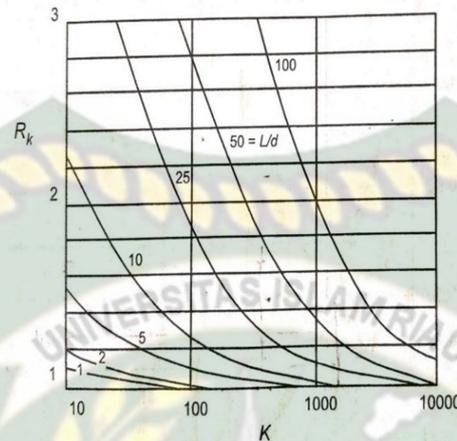
$E_s$  = modulus elastisitas tanah di sekitar tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_b$  = modulus elastisitas tanah di dasar tiang (kg/cm<sup>2</sup>)



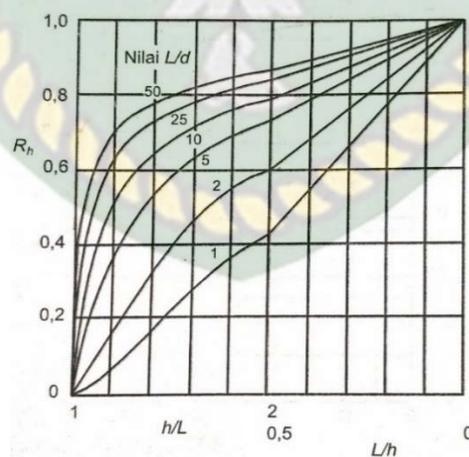
**Gambar 3.4** Faktor penurunan  $I_0$  (Poulos dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015)

Nilai  $I_0$  dipengaruhi nilai  $d_b/d$ , kurva  $d_b/d$  berbeda satu sama lain sesuai hasil  $d_b/d$  dimana nilai  $d_b/d$  terdiri 1,2, dan 3 semakin besar  $L/d$  maka semakin kecil nilai  $I_0$  kecil yang didapatkan.



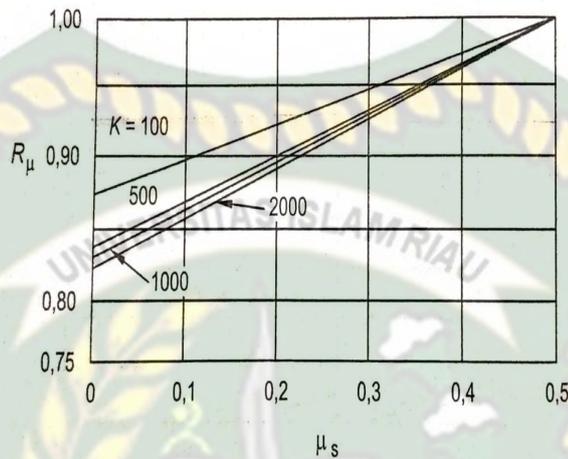
**Gambar 3.5** Faktor kompresi,  $R_k$  (Poulos dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015)

Faktor  $R_k$  dipengaruhi oleh nilai  $L/d$ , setiap kurva  $L/d$  berbeda-beda tergantung dari hasil  $L/d$  yang didapat,  $L$  ialah panjang tiang dan  $d$  merupakan diameter tiang, untuk mendapatkan nilai  $R_k$  harus mencari nilai  $K$  terlebih dahulu, setelah nilai  $K$  didapatkan tarik garis menuju garis  $L/d$  sesuai dengan hasil yang didapatkan, setelah itu tarik dari kurva  $L/d$  ke nilai  $R_k$ .



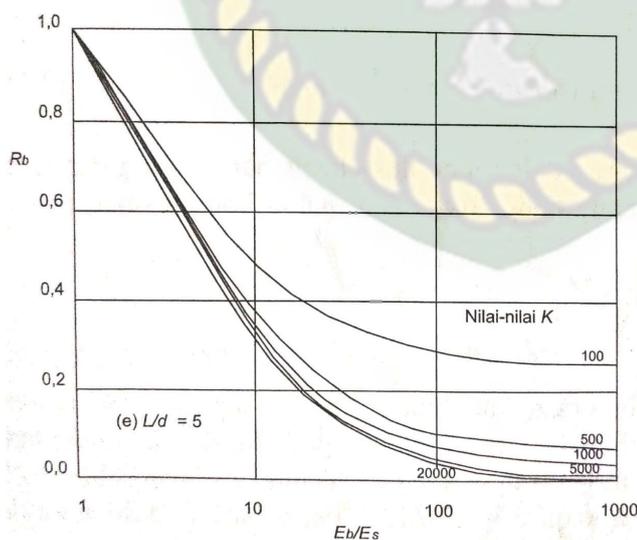
**Gambar 3.6** Faktor penurunan  $R_h$  (Poulos dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015)

Nilai  $R_h$  didapatkan dengan mengetahui hasil dari  $L/d$  dan hasil  $h/L$  dan  $L/h$  dan, untuk mendapatkan koreksi kedalaman  $R_h$  dengan menarik garis dari  $h/L$  atau  $L/h$  ke kurva dari hasil  $L/d$ , kemudian setelah didapatkan kurvanya, ditarik garis koreksi kedalaman  $R_h$ , sehingga diperoleh  $R_h$ .



**Gambar 3.7** Faktor penurunan,  $R_\mu$  (Poulus dan Davis, 1980 dalam Hardiyatmo 2015)

Nilai  $R_\mu$  dipengaruhi oleh nilai  $K$  semakin kecil nilai  $K$  maka semakin besar nilai  $R_\mu$ , nilai  $\mu_s$  merupakan rasio poisson bahan tiang,  $R_\mu$  bias didapatkan dengan menarik garis ke garis yang sesuai dengan hasil  $K$  yang didapatkan, setelah tarik garis  $K$  ke koreksi angka poisson  $R_\mu$  sehingga didapatkan nilai  $R_\mu$ .

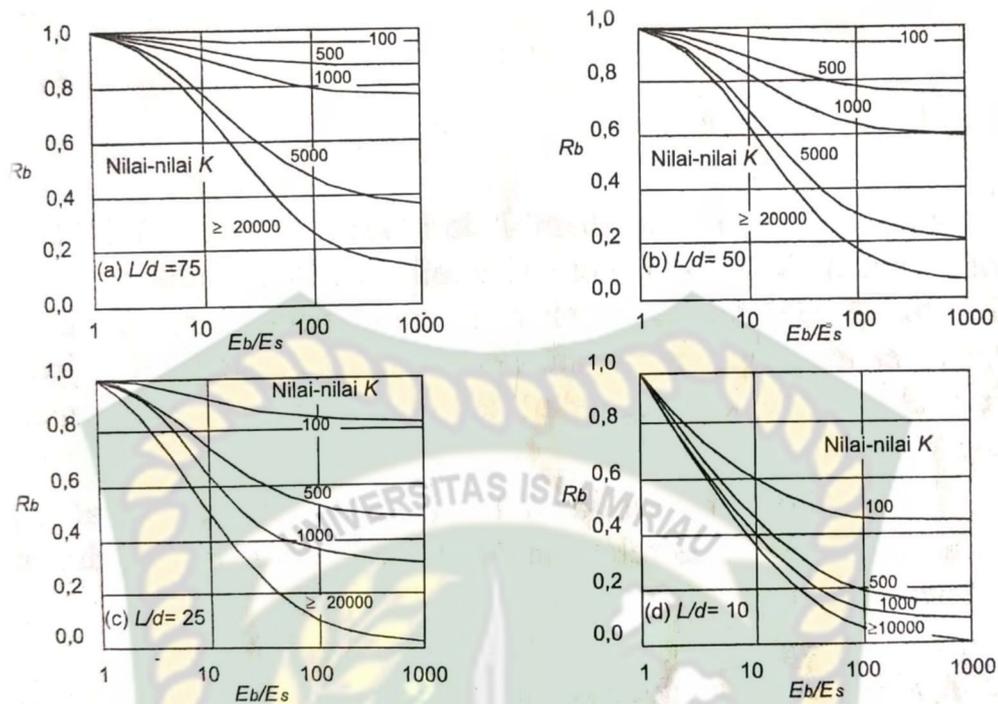


$E_s$  = Modulus elastis tanah disekitar tiang

$E_b$  = Modulus elastis tanah pada dasar tiang

Tiang mengampung

$$E_b / E_s = 1$$



**Gambar 3.8** Koreksi kekakuan lapisan pendukung,  $R_b$  (Poulos dan Davis, 1980)

### 3.12.2 Penurunan Izin Berdasarkan SNI 8460:2017

Besarnya penurunan total dan perbedaan penurunan ditentukan berdasarkan toleransi struktur atas dan area sekitarnya, yang harus ditentukan dalam setiap kasus sehubungan dengan integritas, stabilitas, dan fungsi. dari struktur di atas.

Berdasarkan SNI 8460:2017 Penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b / 600$  ( $b$  in cm) untuk bangunan besar dan dapat dibuktikan bahwa struktur atas masih aman. Perbedaan penurunan (Differential Settlement) yang diharapkan harus ditentukan secara hati-hati dan konservatif, dan pengaruhnya terhadap nilai tertinggi di atas harus diperiksa untuk memastikan bahwa perbedaan penurunan masih memenuhi kriteria dan keterampilan  $1/300 \times$  bentang.

### 3.12.3 Penurunan Izin Berdasarkan *Flemming 1922*

Besarnya penurunan bangunan yang diizinkan tergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor ini termasuk jenis, tinggi, sensitivitas dan fungsi bangunan, serta ukuran dan kecepatan penurunan dan distribusi. Desain diperlukan untuk

memperkirakan besarnya penurunan maksimum dan perbedaan penurunan yang masih dalam kisaran toleransi.

Jika yang terjadi penurunan pada suatu bangunan berjalan lambat dalam frekuensi waktu yang lama, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan struktur oleh pengaruh rangkakan (*creep*). Karena penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketetapan yang memadai, umumnya suatu hubungan dapat diadakan antara penurunan maksimum. Dimana kondisi perbandingan penurunan aman adalah  $S_{total} < S_{Izin}$  (Flemming, 1922).

$$S_{Izin} = 10\% D \dots\dots\dots (3.30)$$

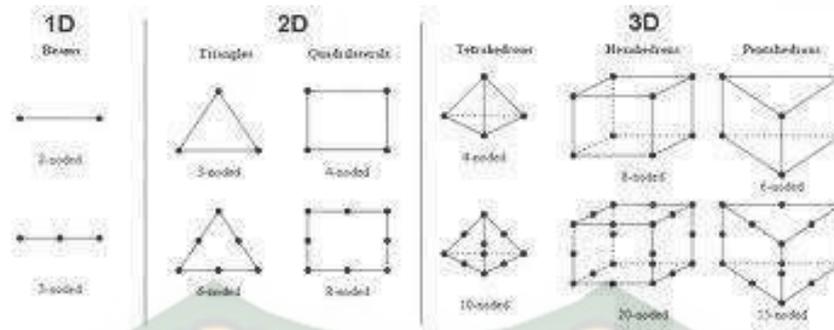
Keterangan :

D = Lebar atau diameter tiang (cm)

### 3.13 Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga dalam Rekayasa Geoteknik adalah metode yang membagi area untuk dianalisis menjadi bagian-bagian kecil yang disebut elemen. Semakin banyak pembagian elemen, hasil perhitungan numerik akan semakin mendekati kondisi semula (asli). Metode Elemen Hingga dalam Rekayasa Geoteknik memiliki sedikit perbedaan dari Metode Elemen Hingga dalam Desain Struktural karena dalam Teknik Geoteknik terdapat interaksi elemen yang memiliki kekakuan yang berbeda. Seperti halnya dalam analisis pondasi dengan metode elemen hingga, ada perbedaan kekakuan antara dua elemen, yaitu elemen tanah dan elemen struktural atau pondasi itu sendiri.

Pada dasarnya, elemen-elemen dalam Metode Elemen Hingga dibagi menjadi 3, yaitu 1D (juga disebut elemen garis), 2D (juga disebut elemen bidang), dan 3D. Untuk alasan biaya, sebanyak mungkin, pemodelan MEH dilakukan dengan elemen yang paling sederhana.

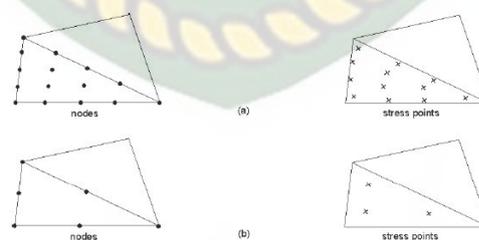


**Gambar 3.9** Jenis-Jenis Elemen

Ada tiga divisi elemen yang luas dalam metode elemen hingga, yaitu:

1. 1D (elemen garis): sering digunakan dalam model elemen balok. Balok Elemen mendapat momen lentur, tegangan normal dan tegangan geser.
2. 2D (elemen bidang): Elemen 2D yang biasa digunakan adalah elemen segitiga dan elemen segi empat.
3. 3D: Secara umum, elemen 3D dapat dibagi menjadi elemen padat, elemen shell, dan elemen shell padat. Bentuk elemen 3D yang biasa digunakan adalah elemen tetrahedral (*triangular pyramid*) dan elemen hexahedral (balok).

Di dalam elemen ada dua jenis titik, yakni titik nodal dan titik integrasi. Titik nodal merupakan titik yang menghubungkan satu elemen dengan elemen lainnya. Pada titik nodal terjadi perpindahan. Sementara titik integrasi adalah titik yang berada di dalam elemen. Dari titik integrasi dapat diperoleh tegangan dan juga regangan di elemen. Titik integrasi juga dikenal sebagai stress point.



**Gambar 3.10** Titik Nodal dan Titik Integrasi

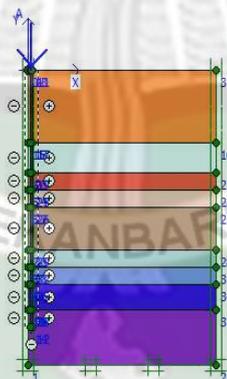
### 3.14 *Plaxis*

*Plaxis* (Kode Elemen Hingga untuk Analisis Tanah dan Batuan) adalah ringkasan program elemen hingga yang dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas geoteknik dalam perencanaan sipil. *Plaxis* dapat digunakan untuk memodelkan dan menganalisis semua masalah geoteknik, seperti stabilitas lereng, seal, dan konsolidasi. Selain itu, *Plaxis* ini juga dapat memodifikasi dan menganalisis struktur geoteknik dan interaksi tanah dengan struktur seperti fondasi dangkal, fondasi dalam, dinding penahan, jangkar, dll.

Secara garis besar, tahapan modal dan analisis dengan bantuan *Plaxis* terdiri dari: 1. *General setting*, 2. *Geometry*, 3. *Material Properties*, 4. *Initial Condition*, 5. *Calculation*.

### 3.15 Pemodelan program *plaxis*

Sebelum melakukan perhitungan numerik, pemodelan baru langkah pertama harus dilakukan, yang dianalisis seperti pada gambar berikut :



**Gambar 3.11** Model gambar pondasi dan tanah

Bahan-bahan yang digunakan dalam model berisi bahan tanah dan pondasi, yang memiliki karakteristik teknis dari semua bahan yang mempengaruhi perilaku mereka. Dalam program *Plaxis*, properti ini diwakili oleh parameter dan model tertentu. Tanah dan batuan memiliki kecenderungan untuk perilaku non-linear dalam kondisi stres. Pemodelan dalam program ini sangat terbatas dalam perilaku model tanah, sehingga lebih sering digunakan untuk struktur padat dan kaku di dalam tanah. Parameter inputnya adalah rasio Modulus Young  $E$  dan Poissons  $\nu$  dari material yang bersangkutan.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3.31)$$

$$v = \frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_v} \dots\dots\dots (3.32)$$

Dalam program Plaxis, ada beberapa jenis pemodelan tanah, beberapa di antaranya adalah model Tanah Lunak (*Soft Soil*), dan *Mohr - Coulomb*.

#### 1. Model Tanah *Mohr – Coulomb*

Pemodelan *Mohr-Coulomb* mengasumsikan bahwa perilaku tanah adalah plastik sempurna (*Linear Elastic Perfect Plastic Model*) dengan menetapkan nilai tegangan batas di mana titik stres tidak lagi dipengaruhi oleh stres. Parameter input berisi lima parameter, yaitu:

- a. Modulus Young (E), rasio Poisson (v) yang memodelkan elastisitas tanah
- b. kohesi (c), sudut miring ( $\phi$ ) dari perilaku plastis tanah
- c. sudut kemiringan ( $\psi$ ), yang memodelkan perilaku dilatasi tanah

Dalam pemodelan *Mohr-Coulomb*, secara umum diasumsikan bahwa nilai E untuk kedalaman dalam jenis tanah adalah konstan, tetapi jika diinginkan peningkatan nilai E per kedalaman tertentu diberikan input tambahan ke dalam program Plaxis.

Nilai rasio Poisson dalam pemodelan *Mohr-Coulomb* diperoleh dari hubungannya dengan koefisien tekanan.

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (3.33)$$

$$\frac{v}{1-v} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (3.34)$$

Dimana :

Secara umum, nilai v bervariasi dari 0,30 hingga 0,40 tetapi untuk kasus ini - Kasus *unloading*, nilai yang lebih kecil masih realistis. Nilai kohesi c dan sudut geser  $\phi$  diperoleh dari uji geser triaksial, atau diperoleh dari hubungan empiris berdasarkan data uji lapangan. Sedangkan sudut dilatasi  $\psi$  digunakan untuk memodelkan aliran volume plastik yang positif. Dalam tanah NC lempung biasanya tidak di tanah ( $\psi = 0$ ), sedangkan pada tanah berpasir tergantung pada kepadatan

dan sudut geser  $\phi$  di mana  $\psi = \phi - 30^\circ$ . Jika  $\phi < 30^\circ$  maka  $\psi = 0$ . Sudut melebar  $\psi$  Nilai negatif hanya realistis jika diterapkan pada pasir lepas.

## 2. Model Tanah Lunak (*Soft Soil*)

Seperti dalam pemodelan *Mohr-Coulomb*, batas kekuatan tanah dimodelkan sesuai dengan parameter kohesi ( $c$ ), sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ), dan sudut dilatasi ( $\psi$ ). Di mana kekakuan tanah dimodelkan menggunakan parameter  $\lambda^*$  dan  $k^*$ , ini adalah parameter kekakuan yang diperoleh dari uji triaksial dan oedometer.

$$\lambda^* = \frac{c_c}{2.3(1+e)} \dots\dots\dots (3.35)$$

$$k^* = \frac{2C_s}{2.3(1+e)} \dots\dots\dots (3.36)$$

Model *Soft Soil* ini dapat memodelkan hal – hal sebagai berikut :

- a. Kekakuan yang berubah bersama dengan tegangan (*Stress Dependent Stiffness*)
- b. Membedakan pembebanan primer (*primary loading*) terhadap *unloading – reloading*
- c. Mengingat tegangan pra – konsolidasi

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini lokasi yang menjadi bahan penelitian oleh peneliti adalah proyek Kampus Pelita Indonesia Pekanbaru yang berlokasi di jalan srikandi Kecamatan Tampan, Kota Pekanbaru, Riau.



**Gambar 4.1** Lokasi Penelitian

### 4.2 Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendukung penulisan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh data dari Konsultan CV.Moment Area berupa data hasil :

- Data tanah *Standard Penetration Test* (SPT)
- Data PDA dan CAPWAP
- Gambar Struktur, pondasi dan data pemancangan
- Data *Bore-Hole*

### 4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini disajikan dalam bentuk laporan penelitian dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Pertama

Tahap awal mengumpulkan berbagai jenis literature dalam bentuk buku maupun tulisan ilmiah yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini.

2. Tahap Kedua

Dalam penelitian langsung meninjau ke lokasi proyek dan mengambil data sekunder dari PT.JAYA SENTRIKON INDONESIA dan CV. MOMENT AREA:

- a. Laporan penyelidikan tanah, SPT
- b. Gambar struktur.
- c. PDA Test
- d. Data Uji HSPD

3. Tahap Ketiga

Melakukan analisa data struktur menggunakan program ETABS yang nantinya diperoleh beban rencana pada setiap pondasi, titik yang di analisis adalah AS 6-C dimana dititik tersebut terdapat data PDA Test dan berdekatan dengan Penyelidikan *Bore-Hole 2*, data dari hasil tanah SPT akan dianalisa untuk mendapatkan kapasitas dukung, penurunan, dan factor aman pada masing-masing tiang.

4. Tahap Keempat

Setelah analisa maka didapatkan hasil dari kapasitas dukung tiang pondasi, penurunan dan juga faktor aman.

5. Tahap kelima

Pada tahap ini peneliti akan memasukkan hasil yang didapat kedalam tabel serta membandingkan dengan metode-metode dan data-data yang digunakan.

#### 4.4 Cara Analisis

Dalam menganalisa ada beberapa tahap yang dilakukan antara lain menghitung beban yang terbesar pada pondasi, untuk mengetahui beban terbesar tersebut menggunakan *software* ETABS. Dari hasil tersebut akan mengeluarkan beban-beban yang bekerja pada pondasi beban-beban yang terbesar pada momen arah x, momen arah y, beban lateral dan beban aksial di rekap lalu dianalisa, setelah diketahui beban tersebut dimasukkan kedalam analisa.

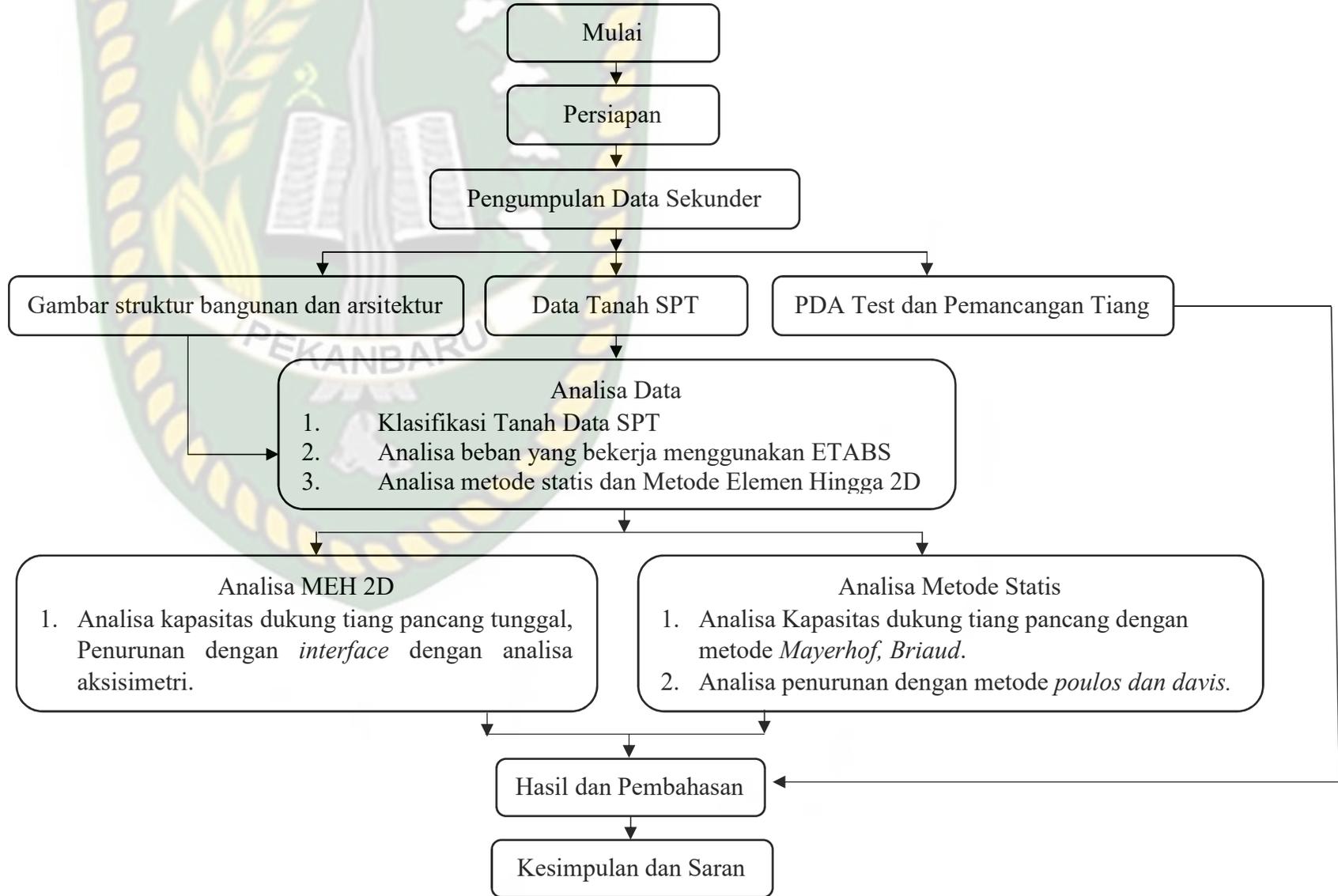
Perhitungan dilakukan menggunakan metode statis dan metode elemen hingga 2D, untuk perhitungan statis tanah granular menggunakan metode meyerhof 1976, briaud 1985 dan untuk metode tanah kohesif menggunakan metode  $\alpha$ . Sedangkan metode elemen hingga 2D digunakan *software* plaxis, model yang digunakan adalah asisimetri pemodelan disesuaikan dengan kedalaman data tanah SPT, pemodelan ditambahkan *interface*, lalu klik jepit standar guna mendefinisikan tanah mengalami kondisi jepit penuh pada bagian pemodelan kemudian tumpuan jepit-nol pada sisi sisi vertical, lalu parameter tanah yang diinput disesuaikan pada hasil pengujian tanah SPT, data tanah dimodelkan dengan *Mohr-Coloumb*, setelah semuanya diinput kedalam pemodelan, maka disusun jaringan elemen, kemudian klik kondisi awal untuk menentukan muuka air tanah, hitung tekanan air, hitung tegangan awal, lalu hitung tahap pertama plastis dan tahap kedua reduksi phi dimana keamanan  $\Sigma - Msf$  akan didapatkan, hasilnya dikalikan dengan beban rencana sesuai masing-masing tiang, hasil kali tersebut didapatkan kapasitas dukung tiang.

Setelah didapatkan hasil kapasitas dukung dengan metode elemen hingga 2D dengan metode statis, maka dibandingkan hasil yang didapat dari hasil uji PDA Test dan Uji HSPD disitulah didapat nilainya besar atau kecil bila dibandingkan hasil uji lapangan. Setelah kapasitas dukung tiang didapat langkah selanjutnya mencari factor aman dengan cara nilai kapasitas dukung ultimit dibagi dengan beban rencana pada masing-masing tiang pancang, dari hasil bagi tersebut didapat nilai factor amannya.

Untuk penurunan menggunakan metode Poulos dan Davis, sedangkan metode elemen hingga 2D menggunakan *Software* plaxis dianalisa dengan *interface*. Pada analisa kapasitas dukung tiang pancang dengan metode elemen hingga tadi, hasil penurunan juga langsung didapatkan, dari hasil analisa kedua metode tersebut dibandingkan dengan penurunan izin sebesar 10% kali diameter tiang, dari hasil tersebut akan diketahui kedua metode penurunan dinyatakan aman atau tidak terhadap penurunan yang diizinkan.

Berikut adalah tahap-tahap cara analisis :

1. Analisa beban rencana terbesar pondasi menggunakan *Software* ETABS
2. Menghitung daya dukung pondasi tiang pancang metode *Mayerhof*
3. Menghitung daya dukung pondasi tiang pancang metode *Briaud*
4. Menghitung daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode elemen hingga 2D dengan analisis aksisimetri
5. Menghitung penurunan pondasi tiang pancang dengan metode elemen hingga 2D aksisimetri.
6. Menghitung penurunan pondasi menggunakan metode penurunan tiang *poulos dan davis*.
7. Melakukan perbandingan hasil analisis dan mengambil kesimpulan dari hasil perhitungan.
8. Dalam analisa pada pembahasan diberikan data berbentuk tabel dan grafik.
9. analisa ini hanya menghitung pondasi tiang pancang tunggal



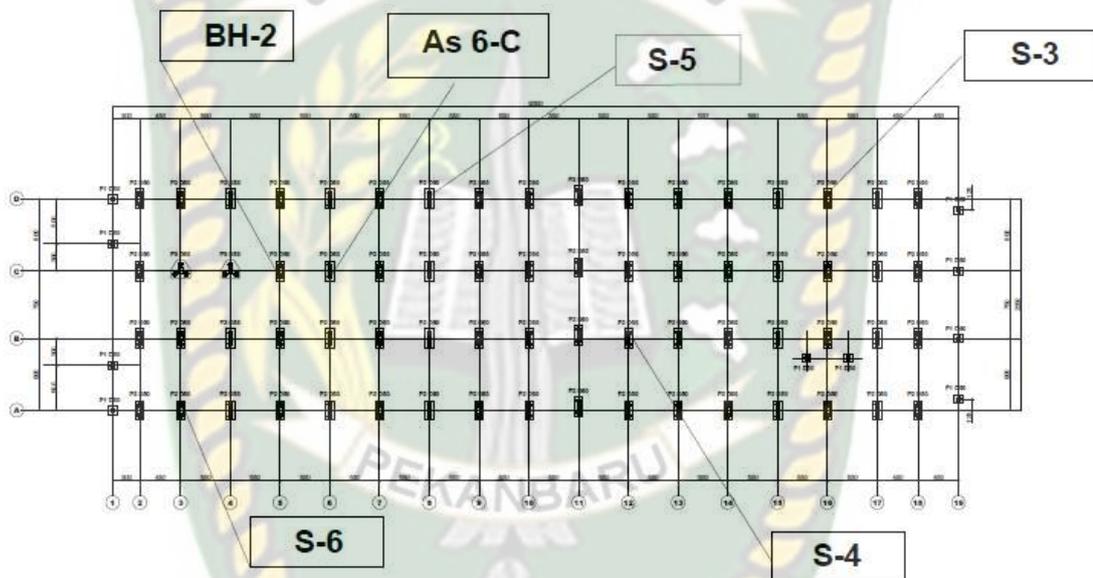
Gambar 4.2 Bagan alir penelitian

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Pendahuluan

Dalam bab ini, penulis membahas perhitungan kapasitas dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm, mutu beton K-500. Yaitu dengan Metode Analitik, Metode Elemen Hingga. Kapasitas dukung tiang dihitung menggunakan hasil uji *Bore Hole* - 2 SPT (*Standard Penetration Test*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.1 Lokasi titik *Bore Hole* dan AS 6-C

#### 5.2 Hasil Pengolahan Data

Hasil pengolahan data dan perhitungan yang telah dilakukan dalam penelitian ini meliputi data yang disajikan yaitu hasil klasifikasi jenis tanah, hasil analisa beban bekerja maksimal pada pondasi tiang pancang menggunakan bantuan *software* ETABS, hasil analisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang tunggal, hasil analisa penurunan pondasi tiang pancang.

### 5.2.1 Klasifikasi Tanah Data SPT

Klasifikasi jenis tanah pada titik SPT untuk mengetahui jenis tanah yang akan diperhitungkan penentuan kapasitas dukung tiang pancang. Pada titik SPT BH-02 diperkirakan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Klasifikasi jenis tanah berdasarkan data SPT titik BH-02

Kedalaman (m)	N-SPT	N60	Jenis Tanah
1.00 – 8.50	2	2,5	Gambut campur lapukan kayu
8.50 - 12.00	2	2,5	Pasir campur lapukan kayu
12.00 - 14.00	2	2,5	Lempung lunak
14.00 - 16.00	2	2,5	Lempung campur lapukan kayu
16.00 – 21.00	2,6	3,25	Lempung sedang
21.00 - 23.00	7	8,75	Lanau berpasir
23.00 - 25.00	24	30	Pasir sedikit lanau
25.00 - 28.00	33	41,25	Pasir halus
28.00 – 34.45	57	71,75	Pasir sedang

Tabel 5.1 adalah hasil klasifikasi data tanah titik SPT dari kedalaman 1.00 – 34.45 m, yang sudah di koreksi dengan data N60 sesuai teori *Skempton* 1986 dan mengelompokkan jenis tanah tiap kedalaman.

### 5.2.2 Parameter Lapisan Setiap Tanah

Klasifikasi jenis tanah dilakukan dengan cara pendekatan data N-SPT yang terdapat pada titik BH-02, hasil klasifikasi tanah dapat dilihat pada tabel 5.2 & 5.3.

**Tabel 5.2** Klasifikasi parameter tanah di kedalaman 1.00-21.00 meter

Parameter tanah	Kedalaman (m)				
	1.00-8.50	8.50-12.00	12.00-14.00	14.00-16.00	16.00-21-00
Berat jenis tanah GS	1,52	2,65	2,68	2,61	2,71

Tabel 5.2 Lanjutan

Berat volume basah $\gamma_b$ (kN/m <sup>2</sup> )	4,97	19,53	15,58	13,44	15,58
Berat tanah kering $\gamma_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	1,33	15,62	9,16	6,40	9,16
Berat isi jenuh $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>2</sup> )	10,25	19,56	15,59	13,75	15,59
Berat volume apung $\gamma'$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,44	9,75	5,78	3,94	5,78
Nilai porositas n (%)	0	40	66	75	66
Angka pori E	0	0,67	1,90	3,00	1,90
Berat volume W (%)	0	25	70	110	70
Hubungan kuat tekan bebas $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	10	0	50	25	100
Kohesi $C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	5	0	25	12,5	50

**Tabel 5.3** Klasifikasi parameter tanah di kedalaman 21.00-34.45 meter

Parameter tanah	Kedalaman (m)			
	21.00-23.00	23.00-25.00	25.00-28.00	28.00-34.45
Berat jenis tanah GS	2,65	2,65	2,66	2,68
Berat volume basah $\gamma_b$ (kN/m <sup>2</sup> )	15,23	21,16	18,61	20,56
Berat tanah kering $\gamma_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	8,96	18,24	14,10	17,28
Berat isi jenuh $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>2</sup> )	15,39	21,19	18,61	20,59
Berat volume apung $\gamma'$ (kN/m <sup>2</sup> )	5,58	11,38	8,8	10,78
Nilai porositas n (%)	40	30	46	34
Angka pori E	0,67	0,43	0,85	0,51
Berat volume W (%)	25	16	32	19
Hubungan kuat tekan bebas qu (kN/m <sup>2</sup> )	50	0	0	0
Kohesi Cu (kN/m <sup>2</sup> )	25	0	0	0

Tabel 5.2 dan 5.3 adalah hasil klasifikasi parameter tanah dengan pendekatan N-SPT dari kedalaman 1 m sampai 34.45 m, parameter yang tertera ditabel adalah berat jenis tanah (Gs) didapatkan dari tabel 3.8, berat volume efektif ( $\gamma'$ ) didapatkan dari persamaan 3.12, parameter kadar air (W), angka pori (e), porositas (n) didapatkan dari tabel 3.9, berat volume kering ( $\gamma_d$ ) didapatkan dari persamaan 3.11, berat volume basah ( $\gamma_b$ ) didapatkan dari persamaan 3.9 dan ( $\gamma_{sat}$ )

didapatkan dari persamaan 3.10, parameter kuat tekan bebas ( $q_u$ ) didapatkan dari tabel 3.6, dan kohesi tak terdrainase ( $C_u$ ) didapat dengan persamaan 3.6.

### 5.3 Hasil Parameter Tanah untuk Input Plaxis

Parameter tanah yang akan diinput di program plaxis diantaranya modulus young, berat volume tanah kering, berat volume tanah basah, angka poisson, permeabilitas, kohesi, sudut gesek dalam., dan dapat dilihat pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Parameter tanah kedalaman 1.00-14.00 meter

Parameter Tanah	Kedalaman			Satuan
	1.00 – 8.50	8.50 – 12.00	12.00 – 14.00	
Jenis tanah	Gambut	Pasir Organik	Lempung Lunak	
Model material	Mohr – coloumb	Mohr – coloumb	Mohr – coloumb	
Jenis material	Tidak terdrainase	Terdrainase	Tidak terdrainase	
Berat isi tidak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ )	1,33	15,62	9,160	kN/m <sup>3</sup>
Berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ )	10,25	19,56	15,59	kN/m <sup>3</sup>
Permeabilitas ( $K_x$ )	$864 \times 10^{-4}$	0,864	$864 \times 10^{-4}$	m/hari
Permeabilitas ( $K_y$ )	$864 \times 10^{-4}$	0,864	$864 \times 10^{-4}$	m/hari
Modulus elastisitas (E)	294,199	14709,975	3922,66	kN/m <sup>2</sup>
Kohesi (c)	5	1	25	kN/m <sup>2</sup>
Sudut geser ( $\phi$ )	0	0	0	
Angka poison ( $\nu$ )	0,35	0,3	0,3	
$R_{inter}$	0,8	0,8	0,8	

Tabel 5.4 didapatkan parameter tanah pada kedalaman 1.00-14.00 m yang nantinya diinput ke dalam program plaxis, parameternya nilai permeabilitas ( $k_x$ ) dan permeabilitas ( $k_y$ ) dari tabel 3.7, nilai angka poisson ( $\nu$ ) dari tabel 3.5, nilai modulus elastisitas dari tabel 3.4 dan berat isi jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ), berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), kohesi ( $c$ ), sudut gesek dalam sama dengan parameter tanah tabel 5.2, 5.3

**Tabel 5.5** Parameter tanah kedalaman 14.00-23.00 meter

Parameter Tanah	Kedalaman (m)			Satuan
	14.00 – 16.00	16.00 – 21.00	21.00 – 23.00	
Jenis tanah	Lempung Organik	Lempung Sedang	Lanau Berpasir	
Model material	Mohr – coloumb	Mohr – coloumb	Mohr – coloumb	
Jenis material	Tidak terdrainase	Terdrainase	Tidak terdrainase	
Berat isi tidak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ )	6,40	9,16	8,96	kN/m <sup>3</sup>
Berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ )	13,75	15,59	15,39	kN/m <sup>3</sup>
Permeabilitas ( $K_x$ )	$864 \times 10^{-4}$	$864 \times 10^{-4}$	0.00864	m/hari
Permeabilitas ( $K_y$ )	$864 \times 10^{-4}$	$864 \times 10^{-4}$	0.00864	m/hari
Modulus elastisitas (E)	2941,99	8825,98	19613,3	kN/m <sup>2</sup>
Kohesi ( $c$ )	12,5	50	25	kN/m <sup>2</sup>
Sudut geser ( $\phi$ )	0	0	0	
Angka poison ( $\nu$ )	0,2	0,3	0,3	
$R_{inter}$	0,8	0,8	0,8	

Tabel 5.5 didapatkan parameter tanah pada kedalaman 14.00-23.00 m yang nantinya diinput ke dalam program plaxis, parameternya nilai permeabilitas ( $k_x$ ) dan permeabilitas ( $k_y$ ) dari tabel 3.7, nilai angka poisson ( $\nu$ ) dari tabel 3.5, nilai modulus elastisitas dari tabel 3.4 dan berat isi jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ), berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), kohesi ( $c$ ), sudut gesek dalam sama dengan parameter tanah tabel 5.2, 5.3

**Tabel 5.6** Parameter tanah kedalaman 23.00-34.45 meter

Parameter Tanah	Kedalaman (m)			Satuan
	23.00 – 25.00	25.00 -28.00	28.00 – 34.45	
Jenis tanah	Lempung Organik	Lempung Sedang	Lanau Berpasir	
Model material	Mohr – coloumb	Mohr – coloumb	Mohr – coloumb	
Jenis material	Terdrainase	Terdrainase	Terdrainase	
Berat isi tidak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ )	18,24	14,10	17,28	kN/m <sup>3</sup>
Berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ )	21,19	18,61	20,59	kN/m <sup>3</sup>
Permeabilitas ( $K_x$ )	8,64	8,64	8,64	m/hari
Permeabilitas ( $K_y$ )	8,64	8,64	8,64	m/hari
Modulus elastisitas (E)	4903,32	9806,65	24516,62	kN/m <sup>2</sup>
Kohesi (c)	1	1	1	kN/m <sup>2</sup>
Sudut geser ( $\phi$ )	34	37	42	
Angka poison ( $\nu$ )	0,3	0,3	0,4	
$R_{inter}$	0,8	0,8	0,8	

Tabel 5.6 didapatkan parameter tanah pada kedalaman 23.00-34.45 m yang nantinya diinput ke dalam program plaxis, parameternya nilai permeabilitas ( $k_x$ ) dan permeabilitas ( $k_y$ ) dari tabel 3.7, nilai angka poisson ( $\nu$ ) dari tabel 3.5, nilai modulus elastisitas dari tabel 3.4 dan berat isi jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ), berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), kohesi ( $c$ ), sudut gesek dalam sama dengan parameter tanah tabel 5.2, 5.3.

#### 5.4 Hasil Analisa Beban Yang Bekerja Pada Pondasi Tiang Pancang Menggunakan ETABS

Analisa beban aksial, beban lateral dan momen yang disalurkan terhadap pondasi tiang pancang menggunakan bantuan *software* ETABS. Perhitungan beban diantaranya beban mati, hidup, dan gempa. Hasil analisa beban maksimal pada pondasi tiang pancang pada Kampus Pelita Indonesia Kota Pekanbaru dan yang terdapat PDA Test pada hasil Etabs dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8.

**Tabel 5.7** Hasil analisa beban maksimal pada pondasi tiang pancang menggunakan *software* ETABS.

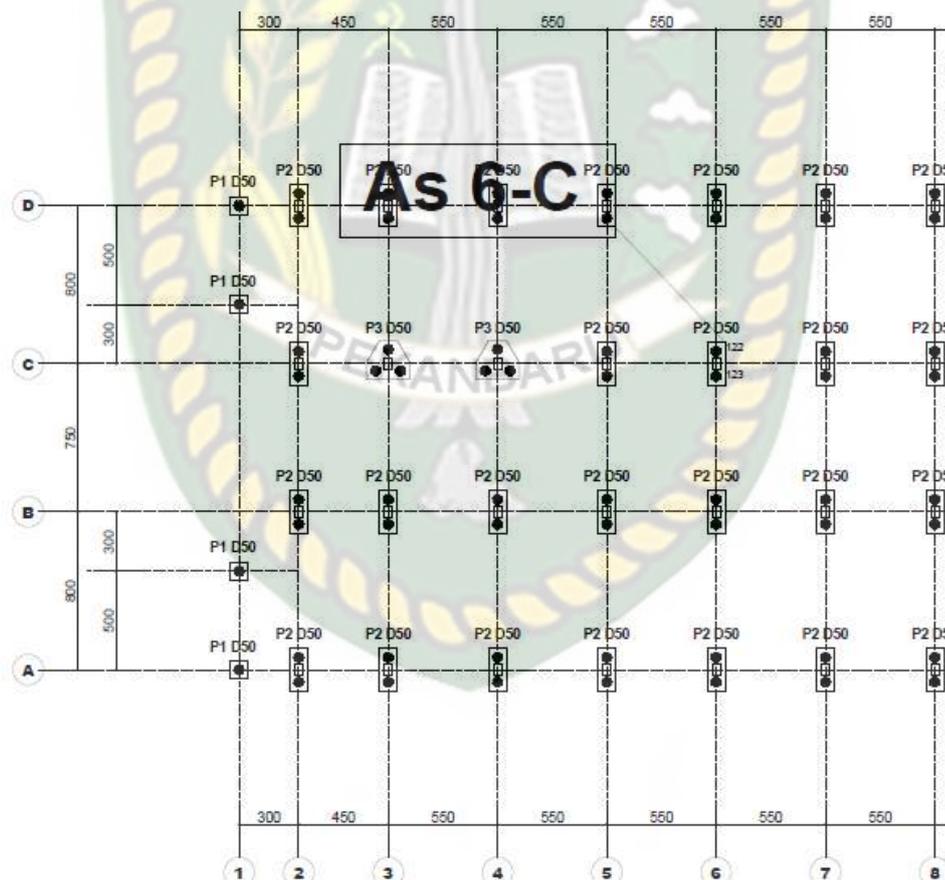
Joint	Kombinasi	Gaya Lateral		Gaya Aksial	Momen	
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)
4-C	COMB2	18,85	196,40	<b>2195,74</b>	130,18	16,45
11-C	COMB2	2,85	<b>239,02</b>	2158,43	160,64	4,98
7-B	COMB2	3,32	239,48	2156,36	<b>161,44</b>	5,14
18-C	COMB1	<b>174,71</b>	157,59	1150,45	107,90	<b>124,00</b>

Tabel 5.7 adalah hasil analisa beban maksimal pondasi tiang pancang menggunakan *software* ETABS, terdapat titik pondasi setiap as yang memiliki nilai beban terbesar baik dari gaya lateral, gaya aksial, dan momen yang bekerja. Titik terbesar terdapat di 4-C dengan kombinasi 2 yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup + 0,6 beban hidup atap, berdasarkan SNI 1726-2019.

**Tabel 5.8** Hasil analisa beban pada pondasi tiang pancang yang terdapat PDA Test menggunakan *software* ETABS.

Joint	Kombinasi	Gaya Lateral		Gaya Aksial	Momen	
		FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN.m)	MY (kN.m)
6-C	COMB2	2,58	230,73	<b>2137,46</b>	153,75	4,78

Tabel 5.8 adalah hasil analisa pondasi tiang pancang menggunakan *software* ETABS terdapat titik AS 6-C dimana terdapat data PDA Test yang nantinya digunakan dalam analisa perhitungan pondasi. Detail gambar denah AS 6-C dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Detail titik AS-6C.

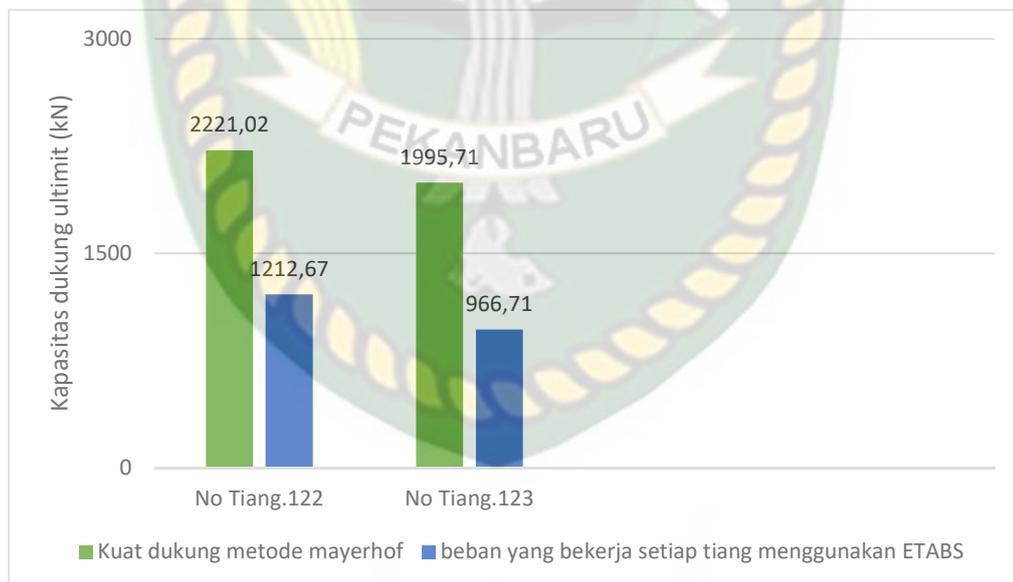
### 5.5. Hasil Analisis Daya Dukung Pondasi

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang Kampus Pelita Indonesia Kota Pekanbaru menggunakan metode *Mayerhof* (1976), dan *Briaud* (1985).

**Tabel 5.9** Kuat dukung ultimit *Mayerhof* (1976).

Tiang	Kuat Dukung Ultimit (kN)	Pi (kN)	SF	SF izin
AS 6-C No. 122	2221,02	1212,67	1,83	2
AS 6-C No. 123	1995,71	966,61	2,06	2

Pada tabel 5.9 dapat dilihat hasil dari analisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada pondasi AS 6-C menggunakan metode Meyerhof, nilai yang terbesar didapat pada AS 6-C No. 122 yaitu 2221,02 kN untuk proses perhitungan analisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang ini dapat dilihat pada lampiran A, grafik perbandingan kapasitas dukung tiang pancang dengan beban yang bekerja di atasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3** Grafik daya dukung tiang Metode Mayerhof

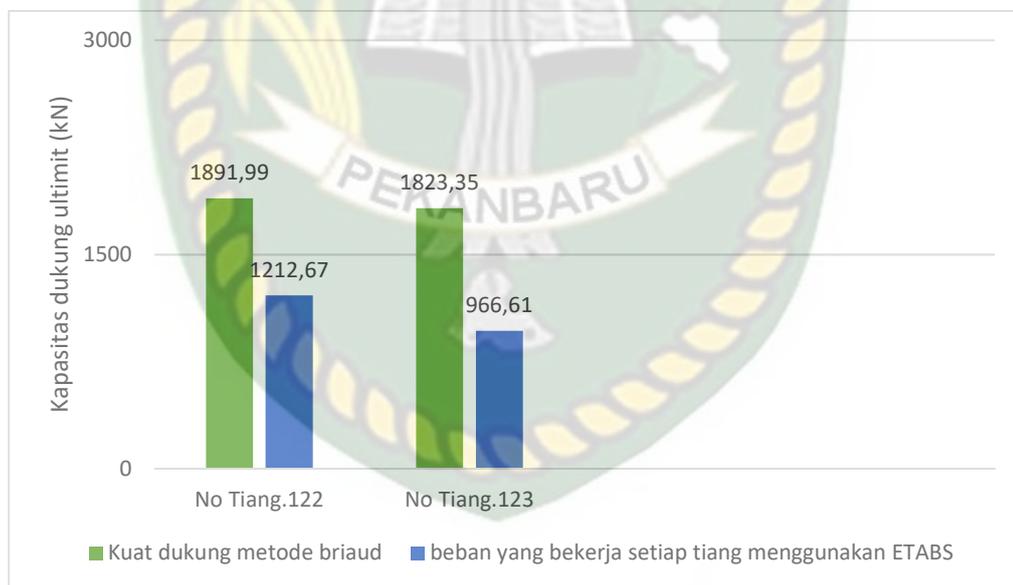
Pada gambar 5.3. dapat diketahui kuat dukung tiang pancang Metode Meyerhof diameter 50 cm mampu mendukung beban rencana sebesar 1212,67 pada masing-

masing tiang AS 6-C, sehingga tiang pancang aman terhadap beban yang berada di atasnya.

**Tabel 5.10** Kuat dukung ultimit *Briaud* (1985).

Tiang	Kuat Dukung Ultimit (kN)	Pi (kN)	SF	SF Izin
AS 6-C No. 122	1891,99	1212,67	1,56	2
AS 6-C No. 123	1823,35	966,61	1,88	2

Pada tabel 5.10 dapat dilihat hasil dari analisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada pondasi AS 6-C menggunakan metode Briaud, nilai yang terbesar didapat pada AS 6-C No. 122 yaitu 1891,99 kN untuk proses perhitungan analisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang ini dapat dilihat pada lempiran A, diagram perbandingan kapasitas dukung tiang pancang dengan beban yang bekerja di atasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4

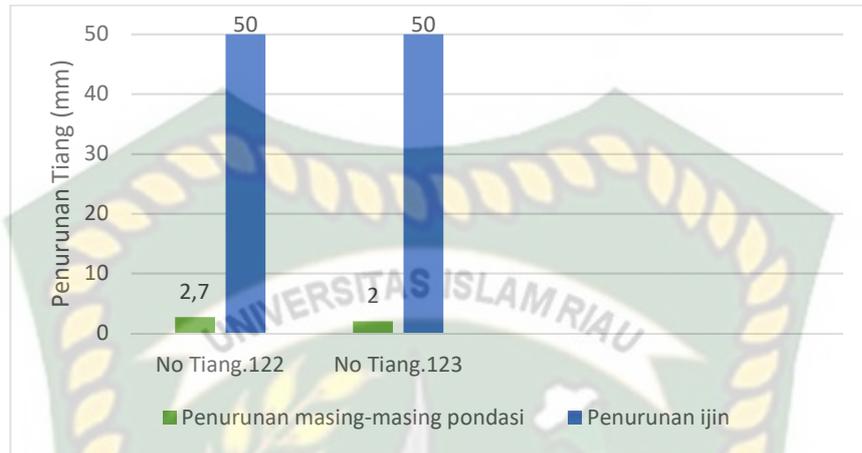


**Gambar 5.4** Grafik daya dukung tiang Metode Briaud

Pada gambar 5.4. dapat diketahui kuat dukung tiang pancang Metode Briaud diameter 50 cm mampu mendukung beban rencana sebesar 1212,67 pada masing-masing tiang AS 6-C, sehingga tiang pancang aman terhadap beban yang berada di atasnya.

## 5.6 Hasil Analisis Penurunan Pondasi Tiang Pancang

Penurunan pondasi bangunan gedung kuliah Kampus Pelita Indonesia Pekanbaru dapat dilihat pada gambar 5.5.



**Gambar 5.5** Grafik penurunan pondasi AS 6-C terhadap penurunan ijin

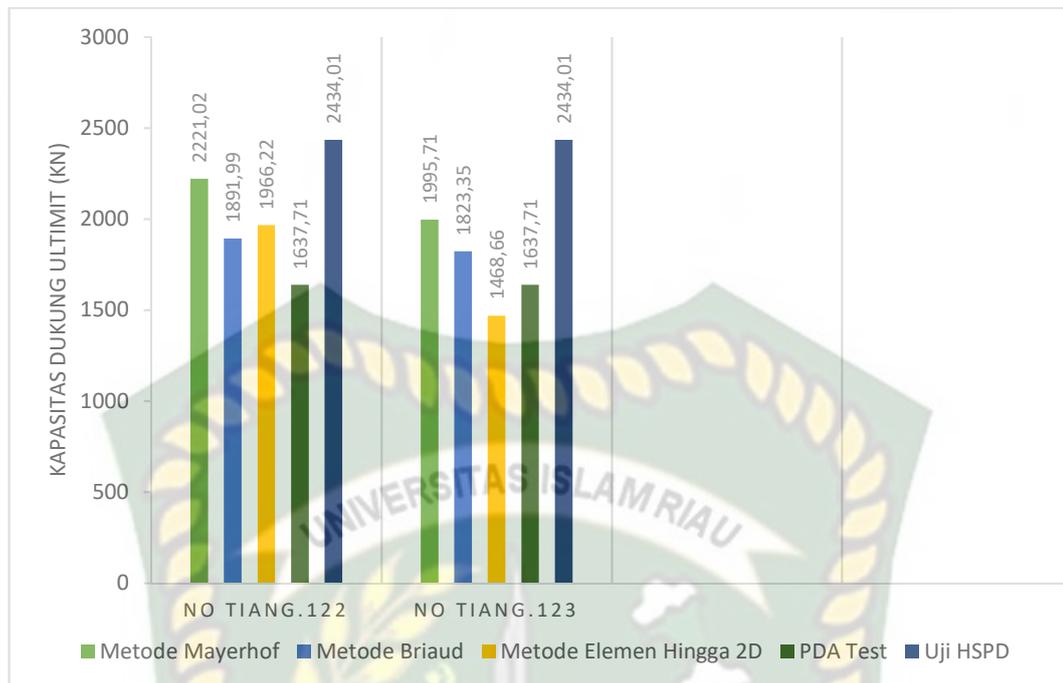
Pada gambar 5.5 penurunan pondasi AS 6-C dengan diameter 50 cm dari hasil analisa penurunan tiang tunggal, penurunan izin 50 mm berdasarkan rumus *Flemming 1922*. bisa disimpulkan pondasi diameter 50 cm memenuhi syarat aman. Analisa penurunan tiang pancang dapat dilihat pada lampiran A.

## 5.7 Hasil Perbandingan Kuat dukung tiang dan Penurunan tiang

Perbandingan kuat dukung dan penurunan tiang dilakukan agar mengetahui berapa perbedaan dari perhitungan metode statis dengan metode lainnya, dari beberapa metode tersebut diambil nilai yang terdekat dan disimpulkan.

### 5.7.1 Hasil Perbandingan Kapasitas Dukung Ultimit Menggunakan Metode Statis, Data Uji PDA, Data Tekanan Tiang, dan Metode Elemen Hingga

Perbandingan kuat dukung pondasi menggunakan Metode Mayerhof, Briaud, PDA Test, data tekan tiang, dan metode elemen hingga bangunan gedung kuliah kampus pelita Indonesia dapat dilihat pada Gambar 5.6.

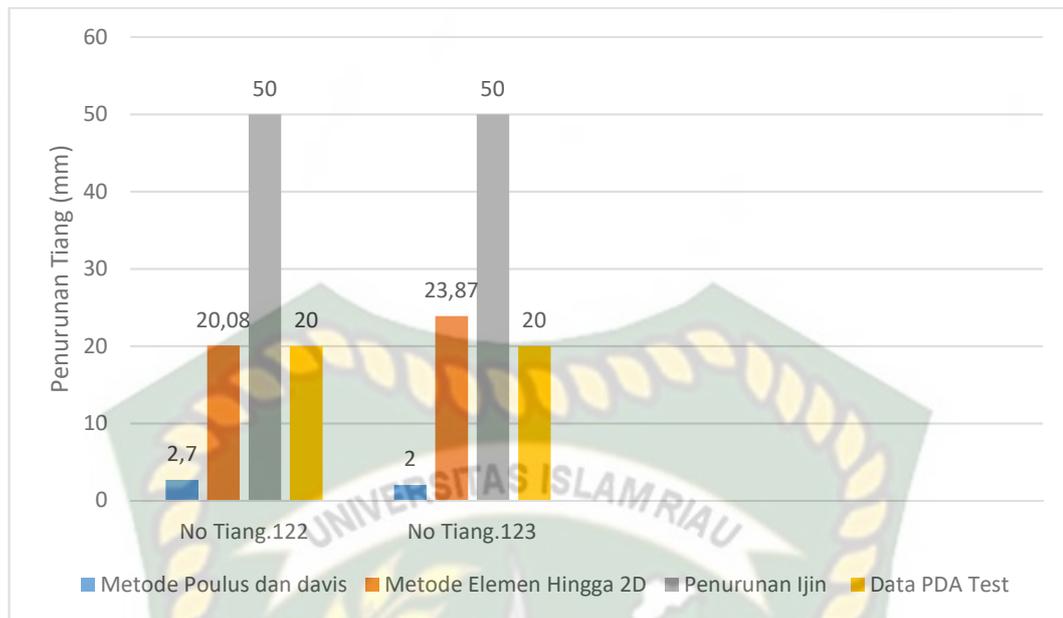


**Gambar 5.6** Grafik perbandingan kuat dukung ultimit pondasi AS 6-C No. 122, 123 menggunakan *Mayerhof*, *Briaud*, PDA Test, Uji HSPD, MEH 2D.

Pada gambar 5.6 perbandingan kapasitas dukung pondasi AS 6-C No. 122, 123 diameter 50 cm nilai kapasitas dukung pondasi terkecil yaitu 1468,66 kN data metode elemen hingga 2D dan kapasitas dukung pondasi terbesar yaitu 2434,01 KN data tekan tiang. Untuk perbandingan dengan data uji PDA Test dan HSPD yang mendekati adalah metode Meyerhof yaitu 2221,02 kN.

### 5.7.2 Hasil Perbandingan Analisa Penurunan Menggunakan Metode Statis, PDA Test, dan Metode Elemen Hingga

Perbandingan Penurunan pondasi menggunakan metode Poulos dan Davis dan MEH 2D bangunan gedung kuliah kampus pelita Indonesia dapat dilihat pada Gambar 5.7.



**Gambar 5.7** Grafik perbandingan penurunan pondasi AS 6-C No. 122, 123.

Pada gambar 5.7 nilai penurunan pondasi AS 6-C No. 122, 123, diameter 50 cm didapat nilai penurunannya 2,7 mm dan 2 mm Metode Poulus dan Davis, untuk nilai penurunan ijinnya sebesar 50 mm. dalam analisa penurunan metode statis aman karena kecil dari penurunan izin.

### 5.8 Faktor Aman Pada Tiang Pancang

Untuk mendapatkan faktor aman kapasitas dukung *ultimate* dibagi dengan beban yang bekerja pada tiang, faktor aman yang diberikan pada analisa berkisar antara 2 – 4 dan untuk kontrol baik pada gedung permanen menurut Tabel 3.10 adalah 2. Hasil faktor aman setiap tiang dapat dilihat pada Tabel 5.11.

**Tabel 5.11** Faktor aman pada tiang pancang

Metode	Panjang Tiang Terpancang	No Tiang	$Q_u$ (kN)	Pi maks (kN)	$S_f = \frac{Q_u}{P}$ (kN)
Mayerhof	30	122	2221,02	1212,67	1,83
	29	123	1995,71	966,61	2,06
Briaud	30	122	1891,35	1212,67	1,56

**Tabel 5.11 Lanjutan**

	29	123	1823,35	966,61	1,88
MEH 2D dengan <i>interface</i>	30	122	1966,22	1212,67	1,62
	29	123	1468,66	966,61	1,51
Data PDA Test	30	122	1637,71	1212,67	1,35
	29	123	1637,71	966,61	1,69
Data HSPD	30	122	2434,01	1212,67	2
	29	123	2434,01	966,61	2,51

Dari Tabel 5.11 didapatkan berbagai macam faktor aman pada gedung kuliah kampus pelita Indonesia yang diperoleh dari kapasitas dukung ultimit dibagi dengan beban rencana setiap tiang cara statis, faktor aman yang mendekati kontrol baik gedung permanen 2 berdasarkan Tabel 3.10 adalah metode Meyerhof 1,83 walaupun lebih kecil daripada  $s_f$  izinnnya namun tiang masih dapat dipikul.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan pada gedung kuliah kampus pelita Indonesia bisa diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa kuat dukung pondasi tiang pancang tunggal AS 6-C yang dilakukan pada beberapa metode dan dibandingkan dengan PDA Test, Data tiang pancang tekan, metode elemen hingga 2D. Kapasitas dukung tiang terbesar adalah data HSPD dengan 2434,01 kN dan terkecil terdapat pada data PDA Test 1637,71 kN. Nilai kapasitas dukung tiang yang mendekati data PDA Test dan HSPD adalah metode Briaud AS 6-C No 122 yakni 1891,35 kN.
2. Dari hasil analisa penurunan menggunakan metode poulus dan davis dan metode elemen hingga 2D didapatkan hasil penurunan yang aman akibat beban rencana yakni metode elemen hingga 2D 20,08 mm No 122 dari data PDA Test nilainya sebesar 20 mm kecil dari penurunan yang diizinkan sebesar 50 mm.
3. Dari analisa faktor aman dengan mengambil 2 untuk kontrol baik pada struktur permanen, kedua tiang yang ditinjau, dengan metode statis Meyerhof, Briaud dan metode elemen hingga 2D tidak memenuhi sf izin, demikian hal dengan hasil uji PDA Test. Kecuali berdasarkan data HSPD dan metode Meyerhof untuk tiang No 123 yang memenuhi sf izin.

## 6.2 Saran

Dari hasil kesimpulan penelitian, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dalam perhitungan kapasitas dukung tiang dan penurunan juga dapat menggunakan data BH-01 pada pondasi yang dekat dengan titik BH-01 untuk membandingkan kapasitas dukung tiang dengan PDA Test.
2. Dapat menggunakan data pengamatan untuk menunjang penelitian selanjutnya. Yaitu data laboratorium yang dianalisis berdasarkan sampel tanah di lapangan setiap kedalaman.
3. Penelitian ini dapat dikembangkan meninjau kuat dukung tiang kelompok dan kuat dukung lateral.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariantoro, Hendrik Prama, 2015, *Perbandingan Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pondasi Minipile Menggunakan Rumus Dinamik Hasil Uji Spt Dengan Hasil Uji Pda*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*, SNI 1726:2012, Jakarta.
- Bowles Joseph E, 1988, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles Joseph E, 1988, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- CV Moment Area. Data-data proyek Gedung Kuliah Kampus Pelita Indonesia Pekanbaru, 2019, "Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Kampus Pelita Indonesia Pekanbaru", Pekanbaru.
- Hardiyatmo, H,C, 2003 *Mekanika Tanah 2 Edisi Ketiga*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Hayati, Titi, 2016, *Perbandingan Nilai Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Berdiameter 60 cm Pada Titik Bore Hole 1 Dengan Metode Analitis Dan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus Proyek Skyview Apartement Setiabudi)*, Skripsi Universitas Sumatera Utara, 2016.
- Hardiyatmo, H,C, 2014. *Teknik Pondasi jilid 1 Edisi Ketiga*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H,C, 2015. *Teknik Pondasi jilid 2 Edisi Ketiga*, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Putri, Mutia Suharlin, Yayuk A, Ferra F, 2018, *Analisis Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang Tunggal Dengan Metode Statik Dan Uji Beban*, Skripsi Universitas Bangka Belitung, Bangka Belitung.
- Santosa, Haryanto Wahyu, 2015, *Korelasi Kapasitas Dukung Aksial Pondasi Tiang Menggunakan Persamaan Empiris Dan Gaya Tekan Dongkrak Mesin Jack-In Pile*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Wardani, Mila Kusuma, 2016, *Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Statis Metode Dinamis Dan Kekuatan Bahan Berdasarkan Data NSPT (Studi Kasus Pembangunan Hotel Ayola Surabaya)*. Skripsi Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**