

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM
DAN KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³

^{1,2}Jurusan Tek. Sipil, FT UBT Universitas Borneo Tarakan, ³Jurusan Tek. Sipil, Politeknik Negeri Malang
¹hasrullah.ray@gmail.com, ²15duadua@gmail.com, ³dandung.novianto@polinema.ac.id

ABSTRACT

The foundation is the structure of the lower part of a building that is directly related to the ground or part of the building that is located below the ground surface which has the function of bearing the load of other parts of the building above it. There are various kinds of dynamic bearing capacity of the pile foundation, one of which is used with dynamic field test results, namely the PDA Test. The purpose of this research is to determine the carrying capacity of piles using PDA Test data then the results of the analysis will be compared with the results of calculations with Plaxis 2D V.8. The results of the calculation of the bearing capacity of the pile using PDA Test data obtained the largest value, namely 103 tons and the results of the carrying capacity using the Bagemann method obtained the value of 149.51 tons. The calculation of the pile settlement in the CAPWAP data is 12.97 mm at the P 113 pile and the calculation result of the maximum settlement of the pile in the Plaxis calculation is 3.50 mm the estimated single pile settlement meets the safe/permitted requirements.

Keywords: *Carrying capacity of foundation, foundation settlement, PDA Test, Plaxis, Bagemann method*

1. Pendahuluan

Kota Tarakan merupakan kota yang memiliki sarana dan prasarana yang cukup memadai, salah satunya infrastruktur dibidang pendidikan. Keberadaan Universitas Borneo Tarakan yang merupakan salah satu perguruan tinggi negeri yang berada di kota Tarakan, terus dibangun dan dilengkapi fasilitasnya untuk mengakomodasi jumlah mahasiswa yang terus bertambah setiap tahunnya. Salah satu pembangunan yang masih dalam proses penyelesaian yaitu pembangunan gedung laboratorium dan kuliah terpadu Universitas Borneo Tarakan. Pembangunan gedung terdiri dari dua lantai beserta *top floor* dengan beberap fasilitas didalamnya antara lain ruang kuliah bersama, ruang MKWU, laboratorium, mushola, ruang dosen dan beberapa ruang lainnya, yang pastinya memiliki beban yang cukup besar sehingga perlu ditopang sebuah pondasi yang besar pula. Pada proyek pembangunan ini digunakan pondasi tiang pancang dan metode untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang pancang adalah PDA Test dan sondir/ *Cone Penetration Test* (CPT). *Pile Driving Analyzer* (PDA) adalah sistem yang paling banyak digunakan untuk pengujian beban secara dinamik dan pengawasan pemancangan. PDA Test akan menghasilkan keluaran (*output*) berupa daya dukung ultimit pondasi (Qu) dan penurunan tiang. Sedangkan sondir adalah alat uji statis sederhana untuk mengetahui nilai tahanan ujung (qc) dan tahanan gesek (qs) pada tanah.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar daya dukung tiang pancang yang digunakan serta penurunan tiang pancang akibat beban dari gedung pada proyek pembangunan gedung Laboratorium dan Kuliah Terpadu

2. Tinjauan Pustaka

Pada umumnya untuk menentukan daya dukung pondasi biasanya menggunakan metode *conus penetration test* (CPT) dan *standard penetration test* (SPT). Tetapi setelah tahap akhir pelaksanaan tiang

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

pancang/bor biasanya jarang kontraktor mengevaluasi untuk tahap selanjutnya apakah daya dukung pondasi tiang sesuai dengan perkiraan semula dan bagaimana kualitas pengerjaannya. Sedangkan banyak kegagalan bangunan akibat kegagalan pondasi yang tidak dapat diperbaiki sehingga seluruh bangunan tidak dapat berfungsi lagi atau untuk perbaikannya memerlukan biaya tinggi (Christady Hardiyatmo 2008)

Salah satu cara untuk mengevaluasi daya dukung pondasi tiang dengan menggunakan metode uji beban statik (Hardjaputra, H 2006) yaitu pembebanan langsung tiang pondasi dengan besar beban 200% atau 300% daya dukung ijin tiang. Uji beban skala penuh (*static load test*) ini merupakan metode yang paling dapat dipercaya tapi memiliki beberapa kekurangan diantaranya membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang relative cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut kini berkembang uji beban dinamis *high strain dynamics pile test* (HSDPT) atau sering disebut *pile driving analyzer* (PDA) test yang memiliki banyak keuntungan antara lain menghemat waktu karena dalam satu hari kita dapat melakukan test beberapa tiang, dan membutuhkan ruang yang relative kecil, serta dapat mengevaluasi daya dukung dan penurunan tiang

2.1 Penentuan *Joint Reaction* pada Gedung.

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang, maka perlu terlebih dahulu diketahui besarnya beban yang bekerja diatas pondasi tiang baik itu beban mati, beban hidup dan beban gempa, beban air, beban getaran mesin, beban kejut listrik dan beban lainnya.

2.2 *Pile Driving Analyzer Test* (PDA Test).

Pile driving analyzer (PDA) adalah suatu sistem pengujian dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan etika tiang dipukul menggunakan palu dengan berat tertentu (Megah Adi Karya, 2014). Hasil dari pengujian PDA terdiri dari kapasitas tiang, penurunan, energi palu, dan lain – lain. Peralatan yang digunakan pada saat pengujian tiang dengan PDA Test: *Monitor Pile Driving Analyzer*, *Sensor strain transducer* dan *sensor accelerometer* dan Kabel penghubung *pile driving analyzer* dengan *sensor strain transducer* dan *accelerometer*.

2.4 Kapasitas Daya Dukung dengan Metode Bagemann

Untuk menentukan nilai kapasitas daya dukung ultimite (Q_u) berdasarkan uji CPT maka digunakan metode Bagemann (1965) sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

Dimana :

Q_u = kapasitas daya dukung ultimite

Q_b = kapasitas daya dukung pada ujung bawah tiang

Q_s = kapasitas daya dukung pada selimut tiang

Nilai Q_u dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_u = A_b \times f_b + A_s \times f_s \quad (2)$$

Sedangkan kapasitas daya dukung pada ujung bawah tiang (Q_b) digunakan rumus:

$$Q_b = A_b \times f_b \quad (3)$$

kapasitas daya dukung pada selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = A_s \times F_s \quad (4)$$

Adapun kapasitas daya dukung ultimite (Q_u)

$$Q_u = Q_b \times Q_s \quad (5)$$

Dimana :

A_b = luas ujung bawah tiang (cm^2)

A_s = luas selimut tiang (cm^2)

f_b = Perlawanan konus rata-rata dihitung dari 8D diatas dasar tiang sampai 4D dibawah dasar tiang (kg/cm^2)

f_s = gesek satuan lokal sisi konus (*sleeve friction*) (kg/cm^2)

Untuk mencari kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_a) sebagai berikut:

$$Q_a = Q_u / SF \quad (6)$$

2.5 Program Plaxis.

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

Program Plaxis (*finite elemen code for soil and rock analysis*) merupakan suatu ringkasan program elemen hingga yang dibuat untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik untuk perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan *output* tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat (Plaxis, 2012). Program Plaxis lebih baik dibandingkan dengan metode perhitungan manual atau metode Bishop yang disederhanakan, dikarenakan plaxis menghasilkan output yang lebih lengkap seperti deformasi, tegangan efektif, tekanan air pori, faktor aman, dan lainnya

Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah mengenai nilai-nilai parameter pada nilai sondir/CPT yang didapat dari hasil penyelidikan tanah. Selanjutnya, setelah mendapatkan nilai $\sum-msf$, maka dihitung nilai daya dukung izin tiang pancang (Q_{izin}) dengan program Plaxis 2D versi 8,2 adalah sebagai berikut :

$$Q_{all} = P_{all} = \frac{Q_{ult}}{\sum -Msf} \quad (7)$$

Dimana :

$Q_{all} = P_{all}$ = daya dukung izin (ton)

Q_{ult} = daya dukung ultimit (ton)

$\sum-msf$ = hasil bagi dari parameter kekuatan sebenarnya terhadap parameter kekuatan yang telah direduksi.

Selanjutnya mencari zona tipe dengan cara korelasi melalui uji CPT di lapangan . Lapisan dan tipe tanah dapat ditentukan dengan menggunakan grafik berdasarkan nilai *cone resistance* dan *sleeve friction* pada gambar 1

$$Fr = (F_s/Q_c) \times 100\% \quad (8)$$

Dimana :

F_s = Friction ratio (%)

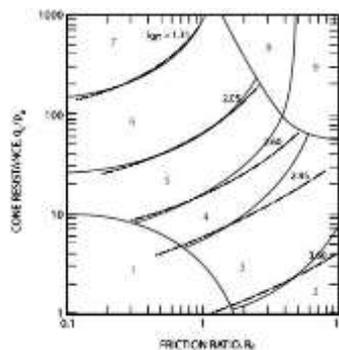
F_s = CPT *sleeve friction* (kg/cm²)

Q_c = *cone resistance* (kg/cm²)

Rumus mencari *cone resistance* pada grafik:

$$\text{cone resistance} = q_c / p_a \quad (9)$$

p_a = tekanan atmosfer ($p_a = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ Mpa}$)



Gambar 1. Zona tipe tanah q_c/P_a - Fr

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}).

Korelasi empiris untuk konsistensi tanah kohesif mulai dari *very soft* hingga menggunakan *hard* antara nilai N-SPT menggunakan berat isi tanah jenuh bisa dicermati pada **Tabel 1** :

Tabel 1. Korelasi empiris antara nilai N-SPT dengan berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah kohesif

N-SPT Blows/ft	Konsistensi	q_u (Unconfined Compressive Stengh) (tons/ft ²)	γ_{sat} kN/m ³
< 2	<i>Very soft</i>	< 0,25	16 - 19
2 - 4	<i>Soft</i>	0,25 - 0,50	16 - 19
4 - 8	<i>Medium</i>	0,50 - 1,00	17 - 20
8 - 15	<i>Stiff</i>	1,00 - 2,00	19 - 22
15 - 30	<i>Very stiff</i>	2,00 - 4,00	19 - 22
>30	<i>Hard</i>	> 4,00	19 - 22

Sumber : Lambe WT & Whitman R V, 1969.

Modulus young (E).

Dengan memakai data sondir bisa dipakai buat mencari besarnya nilai elastisitas tanah. Nilai yang diharapkan merupakan nilai q_c atau *cone resistance*, yaitu menggunakan/memakai rumus :

$$E = 3 \times q_c \text{ (untuk pasir)} \quad (10)$$

$$E = 2 \text{ sampai dengan } 8 \times q_c \text{ (untuk lempung)} \quad (11)$$

Kohesi (C).

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel tanah. Deformasi ini terjadi dampak kombinasi keadaan kritis dalam tegangan normal & tegangan geser yg sinkron menggunakan faktor kondusif menurut yg direncanakan (Terzaghi dan Peck 1967).

Tabel 2. Variasi korelasi N-SPT dengan C_u tanah lempung.

Konsistensi	N	C_u (kN/m ²)
Sangat lunak	0-2	<12
Lunak	2-4	12-25
Sedang	4-8	25-50
Kaku	8-15	50-100
Sangat kaku	15-30	100-200
Keras	>30	>200

Sumber : Terzaghi dan Peck, 1967.

Sudut geser (ϕ).

Australian Standards for retaining walls (AS 4678) menyarankan nilai untuk c' dan ϕ' berdasarkan kelompok tanah misalnya dalam **Tabel 3** :

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

Tabel 3. Nilai Tipikal c' and ϕ' .

Kelompok tanah	Tipikal tanah	Parameter tanah	
		C' (kPa)	ϕ' (degrees)
Buruk	Tanah lempung lunak dan teguh dengan plastisitas sedang ke tinggi; isian lempung bervariasi lepas; lanau berpasir lepas.	0-5	17-25
Sedang	Lempung berpasir kaku; lempung berkerikil; pasir berlempung padat; lanau berpasir; isian lempung padat.	0-10	26-32
Bagus	Pasir berkerikil; pasir padat; isian kerikil dan batu pasir pecah; pasir padat bergradasi baik.	0-5	32-37
Sangat bagus	Batu terlupakan lemah; isian lapis dasar jalan terkontrol; kerikil dan beton daur ulang	0-25	36-43

Sumber : AS 4678, 2002

Mencari angka poisson (V).

Setelah mengetahui jenis tanah melalui *soil behavior type*, untuk mencari perkiraan angka poisson (V) digunakan **Tabel 4** :

Tabel 4. Perkiraan angka poisson.

Macam tanah	V (angka poisson)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar	0,15
Pasir halus	0,25
Batu	0,1 – 0,4
Loess	0,1 – 0,3

Sumber : Bowles, 1968.

Permeabilitas (k).

Untuk mencari nilai permeabilitas, Robertson (1990) menyajikan korelasi antara *Soil Behaviour Type* (SBT) dengan koefisien permeabilitas pada **Tabel 5** permeabilitas dari hasil uji CPT dibawah ini :

Tabel 5. Permeabilitas dari hasil uji CPT.

<i>Soil Behaviour Type</i>	Permeabilitas (m/s)
<i>Sensitive fine grained</i>	3×10^{-9} to 3×10^{-8}
<i>Organic soils-peats</i>	1×10^{-8} to 1×10^{-6}
<i>Clays-clay to silty clay</i>	1×10^{-10} to 1×10^{-7}
<i>Silt mixtures clayey silt to silty clay</i>	3×10^{-9} to 3×10^{-7}
<i>Sand mixtures ; silty sand to sandy silt</i>	1×10^{-7} to 1×10^{-5}
<i>Sand; clean sand to silty sands</i>	1×10^{-5} to 1×10^{-3}
<i>Gravelly sand to sand</i>	1×10^{-3} to 1
<i>Very stiff sand to clayey sand</i>	1×10^{-8} to 1×10^{-6}
<i>Very stiff fine grained</i>	1×10^{-9} to 1×10^{-7}

Sumber : Robertson, 1990.

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

2.6 Penurunan Tiang (*Pile Settlement*)

Ada 2 macam yang harus diketahui tentang penurunan, yaitu :

- Besarnya penurunan yang akan terjadi
- Kecepatan penurunan

Penurunan tiang di bawah beban kerja vertikal (Q_w) disebabkan oleh tiga faktor berikut ini (Das, 2004: 525)

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (12)$$

Dimana :

S = Penurunan tiang total (mm)

S_1 = Penurunan batang tiang (mm)

S_2 = Penurunan tiang akibat beban titik (mm)

S_3 = Penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang (mm)

Menentukan Penurunan Batang Tiang (S_1).

Jika diasumsikan bahwa bahan tiang adalah elastis, maka deformasi batang tiang dapat dievaluasi dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$s_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) L}{A_p E_p} \quad (13)$$

Dimana :

Q_{wp} = kapasitas daya dukung ujung tiang

Q_{ws} = kapasitas daya dukung tahanan kulit

ξ = koefisien dari *skin friction*

A_p = luas penampang tiang

E_p = modulus elastisitas material tiang

L = panjang tiang

Menentukan penurunan tiang akibat beban titik (S_2)

Suatu metode semi empiris untuk untuk menentukan besarnya penurunan S_2 yaitu :

$$S_2 = \frac{Q_{wp} C_p}{D q_p} \quad (14)$$

Dimana :

Q_{wp} = Beban yang dipikul ujung tiang dibawah kondisi beban kerja (ton)

C_p = Koefisien empiris

q_p = Tahanan ujung batas tiang (ton)

D = Diameter pondasi (m)

Menentukan penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang S_3 . Untuk menentukan S_3 dapat kita gunakan rumus dibawah ini :

$$S_3 = \frac{Q_{ws} C_s}{L q_p} \quad (15)$$

Dimana :

C_s = Sebuah konstanta empiris = $(0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}) C_p$

Q_{ws} = Beban yang dipikul kulit tiang dibawah kondisi beban kerja (ton)

L = Panjang tiang (m)

q_p = Tahanan ujung batas tiang (ton)

2.7 Penurunan Diizinkan.

Penurunan yang diizinkan berdasarkan suatu bangunan bergantung dalam beberapa faktor. kondisi perbandingan penurunan yang kondusif yaitu :

$$\begin{aligned} S_{total} &\leq S_{izin} \\ S_{izin} &= 10 \% \times D \end{aligned} \quad (16)$$

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

2.8 Tiang Pancang Kelompok (*Pile Group*)

Pada keadaan sebenarnya renggang sekali diketahui tiang pancang yang berdiri sendiri (*single pile*), melainkan kita sering menerima pondasi tiang pancang pada bentuk kelompok (*pile group*). Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \quad (17)$$

dimana :

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

E_g = efisiensi kelompok tiang.

n = jumlah tiang dalam kelompok.

Q_u = beban maksimum tiang tunggal yang mengakibatkan keruntuhan

Beberapa persamaan efisiensi tiang sudah diusulkan buat menghitung kapasitas kelompok tiang, tetapi semuanya hanya bersifat pendekatan. Salah satu dari berbagai persamaan-persamaan efisiensi tiang tersebut, antara lain:

Metode Converse-Labarre Formula

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90 \cdot m \cdot n'} \quad (18)$$

dimana :

E_g = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n' = jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc tg d/s , dalam derajat

s = jarak pusat ke pusat tiang

d = diameter tiang

2.10 Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Variasi faktor aman yang sering digunakan buat perancangan pondasi tiang pancang, antara lain :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2.5} \quad (19)$$

3. Metode Penelitian.

3.1 Sumber Data.

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder yang diperoleh dari berbagai pihak yang berkaitan dengan permasalahan penelitian yang dilakukan, selain itu ada juga data yang berasal dari literature seperti buku, jurnal, bahan kuliah dan bahan pustaka lainnya yang berhubungan dengan topik penelitian. Data – data sekunder tersebut diantaranya adalah data teknis tiang pancang, data hasil pengujian sondir, data PDA test, titik koordinat, gambar rencana serta data spectrum gempa kota Tarakan.

3.2 Analisis Data.

Pembebanan pada pondasi gedung Laboratorium dan Kuliah Terpadu Universitas Borneo Tarakan dianalisis dengan menggunakan bantuan program SAP 2000. Mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, SNI 03-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah. Semua jenis pembebanan seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa dan lainnya, dimodelkan dengan menggunakan program SAP 2000. Beban tersebut akan dikombinasikan untuk mendapatkan beban terfaktor maksimum yang selanjutnya digunakan untuk menentukan titik yang akan menerima gaya maksimum.

3.3 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Bagemann.

Analisis ini menggunakan data sondir yang didapat dari pengujian tanah dilapangan. Pada penelitian ini data yang di peroleh yaitu pada titik S-1 sampai S-10. Data dari pengujian sondir berupa nilai q_c (tahanan ujung) dan JHL (jumlah hambatan lekat).

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

3.4 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Dinamis

Analisis daya dukung tiang pancang dengan metode dinamis menggunakan data pda test yang didapat dari pengujian tiang pancang dilapangan. Pada penelitian ini data pda test yang digunakan yaitu pada titik yang berdekatan dengan data sondir.

3.5 Analisis Daya Dukung Tiang dengan Program Plaxis

Setelah mendapatkan data-data tanah dan pembebanan dari struktur atas, selanjutnya mencari daya dukung tiang pancang dengan bantuan program plaxis. Dalam penggunaan program Plaxis ada 3 proses yaitu *input*, *calculation* dan *output*.

3.5.1 Input program

Adapun parameter tanah yang digunakan dalam program plaxis diantaranya yaitu:

- Berat volume tanah kering / *dry soil weight* (γ dry)
- Berat volume tanah jenuh / *wet soil weight* (γ sat)
- Permeabilitas arah horizontal / *horizontal permeability* (k_x)
- Permeabilitas arah vertikal / *vertical permeability* (k_y)
- Modulus elastisitas / *young's modulus* (e_{ref})
- Poisson's ratio* (ν)
- Kohesi / *cohesion* (c)
- Sudut geser / *friction angle* (ϕ)
- Sudut dilatasi / *dilatancy angle* (ψ)

Pada proses input, tiang pancang dimodelkan sebagai pelat dengan parameter yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Kekakuan lentur / *bending stiffness* (EI)
- Kekakuan aksial / *axial stiffness* (EA)
- Poisson's ratio* (ν)
- Berat / *weight* (w)

3.5.2 Calculation program

Pada proses calculation terdiri dari 4 tahap dimana tahap 1 adalah pemasangan pondasi tiang, tahap 2 pemasangan pile cap, tahap 3 pembebanan dan tahap 4 angka keamanan.

3.5.3 Output

Dari tahap calculation nanti akan keluar output nilai Σ -Msf yang akan digunakan untuk menghitung daya dukung izin tiang pancang dan penurunan tiang pancang.

3.6 Kapasitas Kelompok Tiang

Setelah mendapatkan daya dukung tiang pancang tunggal dari program plaxis dan metode bagemann, kemudian dicari nilai efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode *Converse-Labarre* formula. Maka akan didapatkan nilai daya dukung tiang pancang kelompok untuk satu kelompok tiang.

3.7 Angka Keamanan / Safety Factor (SF)

Angka keamanan dicari dengan cara membagi daya dukung kelompok tiang dengan besarnya gaya yang bekerja pada pondasi. Dari hasil tersebut didapatkan nilai angka keamanan/safety faktor (SF).

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Data Teknis Tiang Pancang

Berikut adalah data teknis tiang pancang yang digunakan dalam penelitian ini:

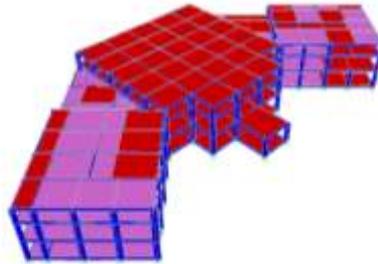
- luas tiang pancang = 25 cm x 25 cm
- panjang tiang pancang = 12 m
- mutu beton tiang pancang = K-350
- jumlah tiang pancang = 528

4.2 Analisis Joint Reactions pada Gedung

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

Dari hasil analisa pembebanan gedung laboratorium dan kuliah terpadu dengan bantuan program SAP2000, didapatkan *joint reaction* terbesar yang berkerja pada titik 28 dengan nilai 1944,463 kN.



Gambar 2. Permodelan bangunan

4.3 Menentukan Posisi Titik yang Ditinjau.

Pada penelitian ini, terdapat 2 pekerjaan yaitu : PDA Test dan Sondir, selanjutnya mencari titik koordinat yang berdekatan agar perhitungan dapat mendekati.



Gambar 3. Titik koordinat

4.4 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Dinamis.

Daya dukung dan penurunan tiang.

Analisis kapasitas daya dukung tiang pancang dengan metode dinamis menggunakan data dari hasil pengujian dilapangan yang didapatkan pada saat pelaksanaan konstruksi berupa parameter tiang yaitu data PDA test.

Tabel 6. Daya dukung tiang.

Nama Tiang/ Pile Name	PDA			CAPWAP		
	Daya Dukung Bearing Capacity (RMX/RSU)	Daya Dukung Bearing Capacity [Ru] [Ton]	Gaya Gesek Friction [SF] [Ton]	Gaya Ujung End Displace ment [Dy] [Ton]	Penurunan Elastisitas Elastic Displacemen t [Dy] [mm]	Penurunan Maksimum Displacement Maksimum [Dx] [mm]
P 26	106	92	66	26	7,60	17,87
P 26B	120	117	29	87	13,98	15,46
P 113	103	101	21	80	10,93	12,97

4.5 Kapasitas Daya Dukung dengan Metode Bagemann.

Berikut hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menggunakan data sondir :

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

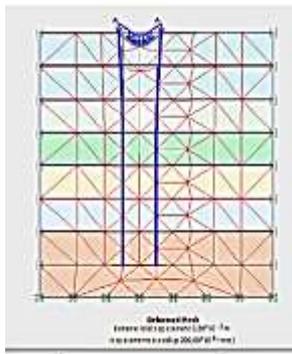
Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

Tabel 7. Daya dukung tiang.

Metode Perhitungan	Nilai Daya Dukung (Ton)
PDA Test (P113)	103
Bagemann	190,49

4.6 Analisis Daya Dukung Tiang dengan Metode Elemen Hingga (MEH).

Analisis dari metode elemen hingga akan mendapatkan hasil berupa penurunan tiang dan Σ -msf (*safety factor*) dan kemudian dikalikan dengan daya dukung tiang agar mendapatkan nilai daya dukung izin tiang. Berdasarkan hasil analisa plaxis 2D *student version* pada proses kalkulasi, penurunan tiang yang terjadi bila dimasukkan beban point load *A/joint reaction* adalah $20,63 \times 10^{-3}$ m.



Gambar 4. Total Displacement.

$$\begin{aligned}
 ETD &= 3,50 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 &= 0,00350 \text{ m} \\
 &= 3,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mencari daya dukung izin (Q_a):

Berdasarkan hasil analisa plaxis 2D *student version* pada proses kalkulasi, Σ -msf : 1,7409. Maka nilai daya dukung izin tiang pancang dengan plaxis adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Nilai Σ -msf

Dimana : $Q_{ult} = 103$ ton (nilai daya dukung dengan PDA test pada tiang P113)

$$\begin{aligned}
 Q_a &= Q_{ult} / \Sigma\text{-msf} \\
 &= 103 / 1,7409
 \end{aligned}$$

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

= 68,93 ton

4.7 Penurunan Tiang (*Pile settlement*).

Hasil dari berbagai analisa perhitungan penurunan tiang :

Untuk mencari nilai penurunan tiang (S) maka digunakan rumus dibawah ini :

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$a. S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$Q_{wp} = 38973,03 \text{ kg (hasil perhitungan metode Bagemann)}$$

$$Q_{ws} = 110542 \text{ kg (hasil perhitungan metode Bagemann)}$$

$$\xi = 0,5$$

$$A_p = 625 \text{ cm}^2$$

$$E_p = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{29,05}$$

$$= 25332,08 \text{ Mpa}$$

$$= 258316,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$S_1 = \frac{(38973,03 + (0,5 \times 110542)) \cdot 700}{625 \times 258316,33}$$

$$= \frac{65970807,42}{161447706,9}$$

$$= 0,409 \text{ cm} = 4,09 \text{ mm}$$

$$b. S_2 = \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D_{qp}} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$C_p = 0,02 \text{ (Tabel 2.11 Nilai-nilai } C_p) D = 25 \text{ cm}$$

$$q_p = \frac{Q_{wp} \cdot C_{ws}}{SF}$$

$$= \frac{38973,03 \times 110542}{2,5} = 59805,99 \text{ kg}$$

$$S_2 = \frac{38973,03 \times 0,02}{2,5 \times 59805,99}$$

$$= 0,0005 \text{ cm} = 0,005 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{Q_{ws} \cdot C_s}{L_{qp}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$C_s = \text{Sebuah konstanta empiris} = (0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}) C_p C_s$$

$$= (0,93 + 0,16 \sqrt{700/25}) 0,02$$

$$= (0,93 + 0,84664042) 0,02$$

$$= 0,04$$

$$S_3 = \frac{110541,95 \times 0,04}{700 \times 171,93}$$

$$= 0,0003 \text{ cm} = 0,003 \text{ mm}$$

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
 ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
 PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
 KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

$$= \frac{3927,87}{120351}$$

$$= 0,033 \text{ cm}$$

$$= 0,326 \text{ mm}$$

Maka total penurunan terhitung (S) :

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

$$= 4,09 + 0,005 + 0,326$$

$$= 4,418 \text{ mm}$$

4.7.1 Penurunan diizinkan.

Syarat penurunan tiang yang pada umumnya yaitu :

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10 \% \times D \dots\dots\dots (2.18)$$

Maka :

$$S_{izin} = 10 \% \times 25$$

$$= 2,50 \text{ cm}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

Penurunan total tiang < penurunan izin

Berdasarkan perhitungan dan analisis menggunakan metode elemen hingga/plaxis 2D *student version* didapatkan nilai penurunan tiang : 20,63 mm < 25 mm dan halini memenuhi syarat aman.

Berdasarkan perhitungan penurunan tiang di dapatkan nilai penurunan tiang tunggal 4,418 mm < 25 mm, maka perkiraan penurunan tiang tunggal memenuhisyarat aman.

Dari hasil perhitungan penurunan di atas, secara umum semakin besar beban ultimate yang diperoleh, maka besar penurunan juga semakin besar.

4.8 Efisiensi Kelompok Tiang.

Setelah nilai daya dukung tiang tunggal diketahui selanjutnya menghitung efisiensi kelompok tiang

Efisiensi kelompok tiang :

$$E_g = 1 - \theta \left[\frac{(n^2 - 1)m + (m - 1).n^2}{90.m.n^2} \right]$$

$$= 1 - 21,8 \left[\frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2} \right]$$

$$= 1 - 0,282$$

$$= 0,717$$

Setelah didapatkan nilai efisiensi kelompok tiang kemudian dihitung kapasitas kelompok tiang. Berikut perhitungan daya dukung kelompok tiang :

Tabel 8. Kapasitas tiang kelompok dengan metode PDA Test.

Tipe pondasi kelompok	Qu (ton)	Eg	n	Qg (ton)
P1-A	103	0,717	6	443,36
P1-B	103	0,757	4	312,20

Tabel 9. Kapasitas tiang Kelompok dengan metode Bagemann

Tipe pondasi kelompok	Qu (ton)	Eg	n	Qg (ton)
P1-A	149,51	0,717	6	866,09
P1-B	149,51	0,757	4	577,40

Hasrullah¹, Syarif Iswandi², Dandung Novianto³
ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA
PDA TEST DAN PROGRAM PLAXIS PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM DAN
KULIAH TERPADU UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Jurnal *Qua Teknika*, (2021), 11(2): 90 – 102

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa daya dukung kelompok tiang pancang dengan tipe P1-B berdasarkan data daya dukung tiang terkecil pada PDA test sebesar 312,20 ton. Banyaknya tiang pancang dalam perencanaan kelompok tiang berpengaruh baik, sehingga menyebabkan nilai daya dukung kelompok tiang semakin besar sehingga mampu menahan beban konstruksi diatasnya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang telah diperoleh, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan. Adapun kesimpulan yang diperoleh adalah nilai daya dukung tiang yang titik uji berdekatan adalah pada data PDA Test adalah 103 ton di tiang P 113 dan untuk nilai daya dukung tiang dengan metode Bagemann adalah 190,49 ton dititik sondir no 05. Nilai penurunan tiang pancang pada data CAPWAP adalah 12,97 mm di tiang P 113 dan nilai penurunan maksimum tiang pancang pada perhitungan Plaxis adalah 3,50 mm perkiraan penurunan tiang tunggal memenuhi syarat aman/diizinkan.

Daftar Pustaka.

- [1]. Adi, G. P., Arief, R, 2016, “*Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) dengan menggunakan Program Plaxis*”, Vol 03, No 01.
- [2] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- [3] Hary, C.H, 1996, *Teknik Fondasi 1*. PT Gramedia Pustaka Utama, Anggota IKAPI, Jakarta.
- [4] Hary, C. H, 2008, *Teknik Fondasi 2, Edisi keempat*, Beta Offset, Yogyakarta.
- [5] Hernedi, M., Hendra, J., dan Toni, N, 2015, “*Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Dinamik*”.
- [6] Herwin, Eka Priadi, Aprianto, M.Sc, 2017, “*Kajian Efisiensi Pada Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi 2 X 2*”, Vol 4, No 4.
- [7] Joseph E. Bowles, 1991, *Analisis dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- [8]. Reza Satria Warman, 2019, *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi*, Jakarta
- [9]. Lauw T. N. *PDA Test*. [online]. Diakses pada 12 Januari 2020, dari <https://lauwtjunnji.weebly.com/pda-test.html>.
- [10]. Livian, T. 2012, “*Evaluasi Pondasi Tiang Dengan Pile Driven Analysis (PDA) Di Kota Palembang*”, Vol 1, No1.
- [11]. Pangka lan Data Pendidikan Tinggi Profil Perguruan Tinggi. [online]. Diakses pada 20 Desember 2019, dari <https://forlap.ristekdikti.go.id/perguruantinggi/detail/OURENTFCRkYtMzZBOC00OUI1LUI4N0MtMz M2MTI0RDk2OTk0>.
- [12]. Puskim, 2011, *Desain Spektra Indonesia* [Online]. Diakses pada 20 Desember 2019, dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.
- [13]. Muhammad Samsul Hidayat, 2014, “*Perancangan dengan komputer*”, Bandung.
- Sugito, 2007, “*Modul SAP2000 15.0 Analisis 3D Statik & Dinamik*”.