

Evaluasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok pada Proyek Ikea *Store* – 3 Kota Baru Parahyangan Bandung Barat

NUR FATMAWATI¹⁾, YUKI ACHMAD YAKIN ¹⁾, DESTI SANTI PRATIWI¹⁾

1. Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: nurfatmaww@gmail.com

ABSTRAK

Pada umumnya fondasi tiang dipasang dalam sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu di bagian atasnya dengan menggunakan pile cap, itulah yang dinamakan fondasi kelompok tiang. Penulisan Skripsi ini akan memfokuskan pada analisis daya dukung dari fondasi kelompok tiang akibat beban vertikal yang dimodelkan secara 3D menggunakan software PLAXIS 3D kemudian diverifikasi dengan hasil pengujian tiang di lapangan yaitu Axial Loading Test dan PDA Test. Selisih penurunan di lapangan dengan PLAXIS 3D ketika beban 2000 kN sebesar 0,33 mm, ketika beban 4000 kN sebesar 0,42 mm. Daya dukung tiang tunggal dengan pilecap sebesar 9079 kN, tanpa pilecap sebesar 6379,69 kN. Hubungan nilai faktor efisiensi terhadap jumlah tiang, semakin besar jumlah tiang maka semakin kecil nilai faktor efisiensi kelompok tiang tersebut. Hubungan nilai faktor efisiensi terhadap jarak tiang, semakin besar jarak antar tiang dalam satu pilecap akan semakin besar nilai faktor efisiensi kelompok tersebut.

Kata kunci: *Tiang pancang, tiang kelompok, faktor efisiensi, daya dukung, PLAXIS 3D*

1. PENDAHULUAN

Fondasi tiang pancang adalah suatu struktur fondasi yang berbentuk tiang dan dipancangkan ke dalam tanah. Fondasi tiang pancang digunakan untuk mentransfer beban dari struktur atas ke lapisan tanah yang dalam dimana dapat dicapai daya dukung yang lebih baik. Fondasi tiang berinteraksi langsung dengan tanah maka diperlukan pengujian untuk mengetahui kapasitas daya dukung dari tiang tersebut. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk perhitungan daya dukung fondasi tiang yaitu dengan metode elemen hingga, *Axial Loading Test*, dan menggunakan *PDA test*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kapasitas daya dukung fondasi kelompok tiang akibat beban vertikal pada proyek *IKEA Store* – 3 dengan metode elemen hingga yang dimodelkan dengan menggunakan *software* PLAXIS 3D kemudian diverifikasi dengan hasil pengujian tiang di lapangan yaitu *Axial Loading Test* dan *PDA Test*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Tanah adalah material yang terbentuk dari himpunan mineral, bahan organik/anorganik dan endapan yang relatif lepas. Deposit tanah dapat terdiri dari butiran-butiran dengan berbagai jenis bentuk dan ukuran. Ikatan antara butiran tanah disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara butiran-butiran.

2.2. Fondasi Tiang Kelompok

Tiang pancang kelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu di bagian atasnya dengan menggunakan pile cap. Kemungkinan konstruksi terdiri dari sebuah fondasi tiang pancang tunggal sangat jarang, umumnya paling sedikit dua atau tiga tiang pancang di bawah elemen fondasi atau kaki fondasi dikarenakan masalah penjarangan atau eksentrisitas yang kurang baik.

2.3. Axial Load Test

Axial Load Test atau pengujian aksial tiang adalah pengujian tiang fondasi tunggal untuk mengukur pergerakan aksial tiang yang diberi pembebanan secara aksial sesuai dengan beban rencana. Pengujian aksial pada tiang dilakukan berdasarkan standar ASTM D1143-07, "*Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load*". Pengujian aksial pada tiang fondasi dilakukan dengan menggunakan metode *kentledge* dimana kepala tiang diberikan beban berupa beban benda mati seperti alat *jacking* (HSPD) yang dapat memenuhi kebutuhan beban yang dibutuhkan.

2.4. PDA Test

Pile Driving Analyzer Test atau sering disingkat *PDA Test* adalah suatu sistem pengujian dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu/hammer dengan berat tertentu. Pengujian *PDA Test* pada tiang dilakukan berdasarkan standar ASTM D4945, "*Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*".

2.5. Faktor Efisiensi

Nilai efisiensi kelompok tiang akan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah tiang dalam group, panjang tiang, dimensi tiang, susunan tiang, dan jarak antar tiang. Untuk menghitung efisiensi dengan perhitungan metode Fled equation menggunakan **Persamaan 1**:

$$\eta = \frac{Q_g(u)}{\sum \text{tiang} * Q_u} \quad \dots(1)$$

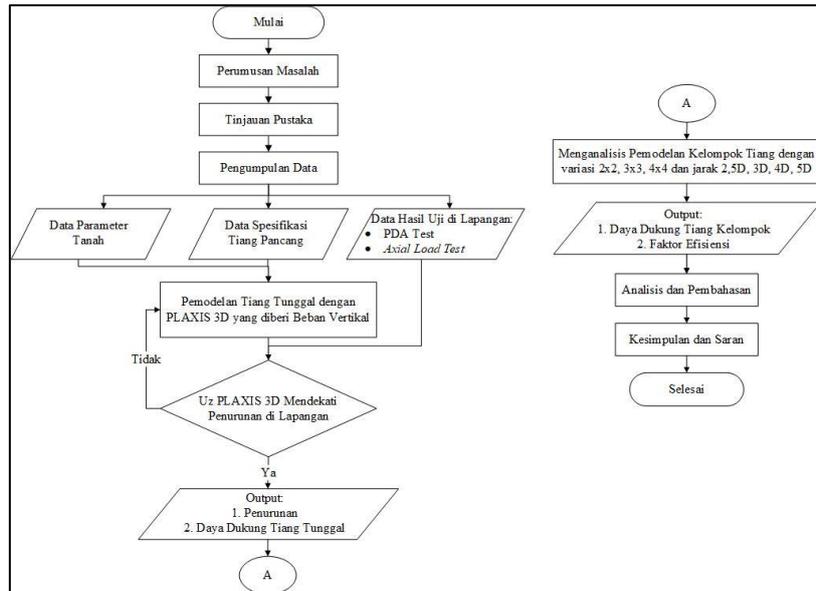
2.6. Perangkat Lunak Plaxis 3D

Program Plaxis 3D adalah program analisis geoteknik yang dipilih karena dapat menganalisa stabilitas tanah dan analisis deformasi dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. Penelitian ini dimodelkan secara 3D, dengan menginput pemodelan geometri, data tanah, data fondasi, dan kalkulasi perhitungan dengan 3 fase.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian secara garis besar diuraikan pada bagan alir yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

3.2. Tahapan Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini berupa parameter jenis tanah berdasarkan N-spt yang terlihat pada **Tabel 1.** dan parameter yang akan digunakan tertera pada **Tabel 2** sampai **Tabel 4**

Tabel 1. Data Parameter Tanah BH NDS-2

Titik Kedalaman (m)	Layer	N-SPT
0 – 2,6	Lempung	8
2,6 – 8,5	Lempung Kepasiran	13
8,5 – 11	Lempung Kepasiran	22
11 – 13	Lempung	9
13 – 20	Lempung	13
20 – 24	Pasir	52
24 – 28,4	Lempung Kepasiran	31
28,4 - 32	Pasir	>60

Tabel 2. Data Parameter Tanah

Material		Lempung	Lempung Kepasiran	Lempung Kepasiran	Lempung	Lempung	Pasir	Lempung Kepasiran	Pasir
Kedalaman		0 – 2,6	2,6 – 8,5	8,5 - 11	11 - 13	13 - 20	20 - 24	24 – 28,4	28,4 -32
Material Model	Model	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb	Mohr-coulomb
Drainage Type	Type	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Drained	Undrained	Drained
Berat isi	γ_{unsat} (kN/m ³)	16	17	18	17	17	19	19	19
	γ_{sat} (kN/m ³)	17	18	19	18	19	20	20	20
Modulus Elastisitas	E (kN/m ²)	45000	70000	87000	46000	70000	250000	150000	250000
Poisson Rasio	ν	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
Kohesi	c (kN/m ²)	40	38	40	50	55	10	40	10
Sudut Geser	ϕ (°)	30	30	35	30	30	40	30	45
Sudut Dilatasi	ψ (°)	0	0	0	0	0	10	0	15

Tabel 3. Data Parameter Fondasi Tiang

Parameter Fondasi	Model	Embedded Beam
Berat Jenis	γ (kN/m ³)	25
Modulus Elastisitas	E (kN/m ²)	30,459 x 10 ⁶

Diameter	D	(m)	0,5
Panjang	L	(m)	22

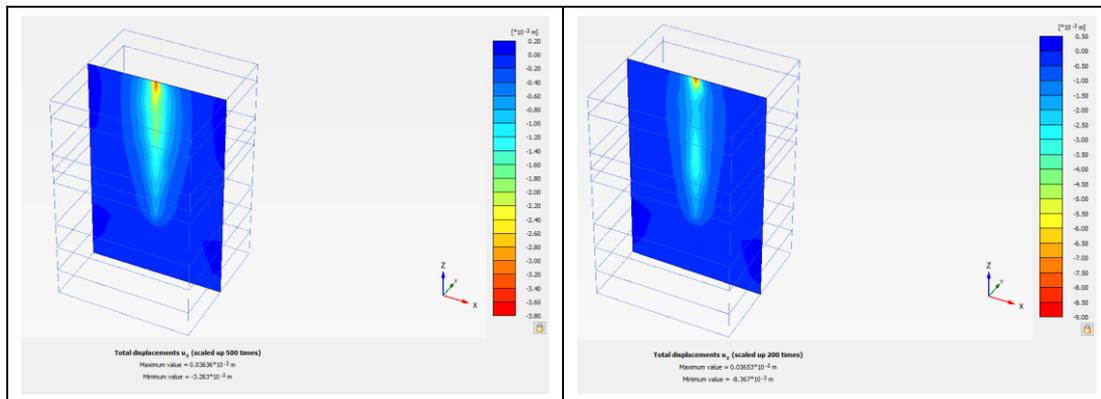
Tabel 4. Data Parameter Fondasi Tiang

<i>Pilecap</i>	Model		<i>Linear Elastic</i>
<i>Drainage Type</i>	Type		<i>Non Phorus</i>
<i>General Properties</i>	γ_{unsat}	(kN/m ³)	24
	γ_{sat}	(kN/m ³)	24
Modulus Elastisitas	E	(kN/m ²)	30,459 x 10 ⁻⁶
Poisson Rasio	u		0,15

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis Pemodelan Tiang Tunggal

Hasil Output dari pemodelan tiang tunggal menggunakan Plaxis 3D berupa *Total displacement* atau penurunan (u_z) yang akan disajikan pada **Gambar 2**. Hasil tersebut harus mendekati dengan hasil *Axial Load Test* di lapangan untuk mendapatkan parameter tanah yang kemudian digunakan untuk pemodelan Tiang Kelompok. Hasil perbandingan tersebut akan disajikan pada **Tabel 5**.



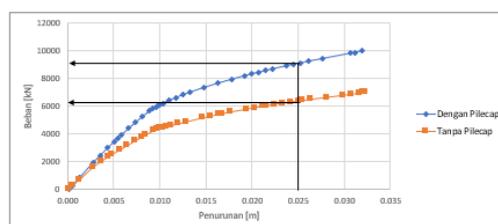
Gambar 2. Penurunan arah u_z di PLAXIS 3D

Tabel 5. Perbedaan Nilai Penurunan Tiang Tunggal

Beban (kN)	<i>Axial Loading Test</i> [mm]	PLAXIS 3D [mm]	Selisih Penurunan [mm]	Persentase Perbedaan [%]
2000	2,93	3,26	0,33	11,26
4000	7,95	8,37	0,42	5,28

4.2. Daya Dukung Tiang Tunggal

Menurut SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, batasan deformasi pada 200% pembebanan rencana adalah 25 mm untuk tiang dengan diameter maksimum 80 cm. Hasil yang diperoleh dari pemodelan tiang menggunakan PLAXIS 3D berupa grafik hubungan antara beban dengan penurunan. Nilai daya dukung yang diperoleh ketika penurunan 25 mm disajikan pada **Gambar 3** kemudian dibandingkan dan tertera pada **Tabel 6**.



Gambar 3. Daya Dukung Tiang Tunggal

Tabel 6 Rekapitulasi dan Perbandingan Data Lapangan dengan Hasil Analisis Berbagai Metode

Metode		Daya Dukung (Q_u) [kN]	Selisih Nilai Q_u	[%]
Axial Loading Test	Metode Davisson	4700	540	10,31
	Metode Mazurkiewich	4850	390	7,44
PLAXIS 3D dengan <i>Pilecap</i>		9079	3839	73,26
PLAXIS 3D tanpa <i>Pilecap</i>		6379,69	814,95	21,75
PDA Test		5240		

4.3. Hasil Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok

Hasil daya dukung tiang kelompok dengan pemodelan PLAXIS 3D tertera pada **Tabel 7**. Dapat dilihat dari tabel tersebut bahwa daya dukung dengan jarak antar tiang 2,5D lebih rendah dibandingkan daya dukung dengan jarak 3D, 4D dan 5D.

Tabel 7 Daya Dukung Tiang Kelompok

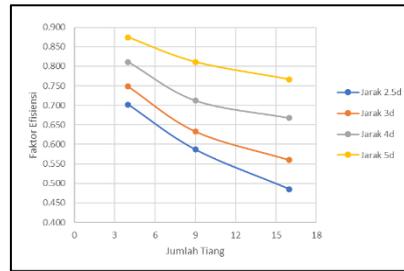
Jarak antar Tiang	Tiang Kelompok	Jumlah Tiang	Daya Dukung [kN]	Persentase Kenaikan [%]
2,5D	2x2	4	25.500,87	-
	3x3	9	47.945,67	88,02
	4x4	16	70.496,35	47,03
3D	2x2	4	27.176,86	-
	3x3	9	51.752,92	90,43
	4x4	16	81.374,55	57,24
4D	2x2	4	29.439,75	-
	3x3	9	58.174,82	97,61
	4x4	16	96.929,62	66,62
5D	2x2	4	31.741,22	-
	3x3	9	66.285,39	108,83
	4x4	16	111.370,21	68,02

4.4. Faktor Efisiensi Tiang

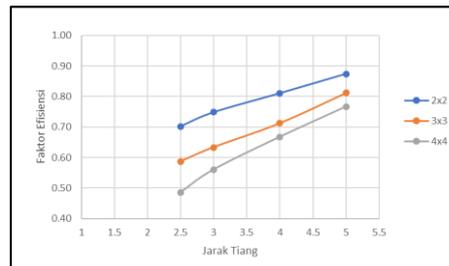
Setelah dilakukannya pemodelan tiang kelompok dengan program PLAXIS 3D dan memperoleh nilai daya dukung tiang kelompok, dapat ditentukan nilai faktor efisiensi dari tiang kelompok tersebut. Perhitungan faktor efisiensi menggunakan **Persamaan 1**. Hasil perhitungan faktor efisiensi tertera pada **Tabel 8**. Dan ditunjukkan pula pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

Tabel 8. Faktor Efisiensi Tiang Kelompok

Jarak Tiang	Kelompok Tiang	Jumlah Tiang	Faktor Efisiensi
2.5d	2x2	4	0,70
	3x3	9	0,59
	4x4	16	0,49
3d	2x2	4	0,75
	3x3	9	0,63
	4x4	16	0,56
4d	2x2	4	0,81
	3x3	9	0,71
	4x4	16	0,67
5d	2x2	4	0,87
	3x3	9	0,81
	4x4	16	0,77



Gambar 4. Faktor Efisiensi Terhadap Jumlah Tiang



Gambar 5. Faktor Efisiensi Terhadap Jarak Tiang

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pada *Axial Loading Test* di lapangan T.453 ketika beban 2000 kN mengalami penurunan 2,93 mm dan beban 4000 kN 7,95 mm. Sedangkan pemodelan yang dilakukan menggunakan *software* Plaxis 3D ketika beban 2000 kN mengalami penurunan 3,26 mm dan beban 4000 kN 8,37 mm. Jadi, selisih penurunan yang terjadi ketika beban 2000 kN sebesar 0,33 mm, ketika beban 4000 kN sebesar 0,42 mm. Daya dukung tiang tunggal dengan *pilecap* sebesar 9079 kN, tanpa *pilecap* sebesar 6379,69 kN. Berdasarkan hasil perbandingan daya dukung dari berbagai metode yang dilakukan dengan data yang terdapat di lapangan, maka diperoleh selisih terbesar dengan menggunakan pemodelan PLAXIS 3D pada pemodelan menggunakan *pilecap* yaitu sebesar 73,26% sedangkan selisih terkecil yaitu pada pengujian di lapangan *Axial Loading Test* sebesar 7,44%. Hubungan nilai faktor efisiensi terhadap jumlah tiang semakin besar jumlah tiang maka semakin kecil nilai faktor efisiensi kelompok tiang tersebut. Hubungan nilai faktor efisiensi terhadap jarak tiang, semakin besar jarak antar tiang dalam satu *pilecap* akan semakin besar nilai faktor efisiensi kelompok tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak PT. Indonesia Pondasi Raya Tbk yang telah bersedia memberikan setiap data pembangunan proyek IKEA *Store-3* Bandung yang diperlukan untuk penyusunan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D1143-07. (n.d.). *Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load*. USA: ASTM Internasional.
- ASTM D4945. (t.thn.). *Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- PLAXIS. (2019). *PROGRAM PLAXIS 3D CE V20*.