

Evaluasi Daya Dukung Fondasi Tiang Berdasarkan Pendekatan Numerik dan Analitik dengan Pengujian Di Lapangan Pada Proyek *New* Universitas Jenderal Achmad Yani

ADELLIA REGITA MEIZAN¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Email: adellia.regita@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Dalam pembangunan suatu konstruksi perlu menghitung daya dukung fondasi karena fondasi merupakan bagian struktur bawah dari suatu bangunan yang perlu diperhitungkan karena untuk menentukan apakah fondasi tersebut mampu menahan beban di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya dukung fondasi tiang pancang pada proyek pembangunan New Universitas Jenderal Achmad Yani menggunakan pendekatan numerik dan analitik serta pengujian di lapangan. Dalam penelitian ini, perhitungan daya dukung fondasi tiang menggunakan metode analitik dan numerik, yang kemudian dibandingkan dengan hasil uji beban lapangan. Metode analitik menggunakan program ENSOFT, sementara metode numerik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak elemen hingga PLAXIS 3D 2024. Data hasil pengujian di lapangan yang digunakan yaitu uji beban PDA, aksial dan lateral. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil antara metode numerik, analitik, dan pengujian lapangan.

Kata kunci: daya dukung fondasi, metode numerik, metode analitik, pengujian tiang di lapangan

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak karakteristik serta jenis tanah yang bermacam-macam. Pembangunan infrastruktur di Indonesia juga bermacam-macam seperti gedung, jalan, jembatan, bendungan serta lain sebagainya. Pembangunan sebuah struktur harus memperhatikan beberapa hal. Salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah jenis tanah pada lahan yang akan digunakan. Pengujian pada tanah perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi tanahnya. Hasil dari pengujian tersebut akan mendapatkan beberapa hal salah satunya adalah parameter-parameter tanah yang akan digunakan untuk desain fondasi.

Menentukan daya dukung fondasi dapat melalui hubungan empirik antara kekuatan tanah dengan gesekan selimut. Metode tersebut merupakan metode analitik yang digunakan oleh banyak insinyur, namun seiring berjalannya perkembangan teknologi menghitung nilai daya dukung fondasi dapat menggunakan metode numerik. Salah satu metode numerik yang dapat digunakan adalah metode numerik berbasis elemen hingga. Metode tersebut dapat menentukan nilai daya dukung beserta penurunannya.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis daya dukung pada fondasi tiang pancang. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode numerik dengan menggunakan program PLAXIS 3D menggunakan *soil cluster* dengan *soil model Hardening Soil* dan material *pile Linear Elastic* serta metode analitik menggunakan program ENSOFT dan perhitungan manual

menggunakan metode meyerhoff. Kemudian dibandingkan dengan daya dukung hasil pengujian tiang di lapangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter Tanah

Menurut Darwis (2018), tanah merupakan kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk didalam air. Partikel tanah terbentuk dari batuan yang pecah yang telah berubah karena efek kimia dan lingkungan, termasuk cuaca dan erosi. Parameter tanah merupakan ukuran atau acuan untuk mengetahui hasil suatu proses perubahan yang terjadi dalam tanah baik dari sifat fisik dan jenis tanah. Parameter tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil dari pengujian di laboratorium dan hasil korelasi menggunakan nilai N-SPT dan jenis tanah.

2.2 Daya Dukung Fondasi

Menurut Hardiyatmo (1996), analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Daya dukung fondasi terdapat dua arah yaitu daya dukung aksial serta daya dukung lateral. Daya dukung aksial merupakan kemampuan fondasi pada saat fondasi diberikan beban arah vertikal seperti beban dari struktur yang ada diatasnya, sedangkan daya dukung lateral merupakan kemampuan fondasi pada saat diberikan beban arah horizontal seperti beban gempa maupun beban angin.

2.3 Pengujian Lapangan

2.3.1 *Pile Driving Analyzer (PDA)*

Pile Driving Analyzer (PDA) merupakan suatu sistem pengujian dengan menggunakan data digital computer yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu dengan berat tertentu. Hasil pengujian ini terdiri dari kapasitas tiang, energi palu, penurunan dan daya dukung.

2.3.2 Uji Beban Aksial

Axial load test (uji beban aksial) ini merupakan salah satu metode pengujian fondasi di lapangan. Metode ini mengukur defleksi aksial fondasi dalam vertikal atau miring ketika dibebani dalam kompresi statis. Metode ini berlaku untuk semua fondasi dalam. Standard ini memberikan persyaratan minimum untuk pengujian fondasi dengan beban aksial. Hasil pengujian ini dapat digunakan oleh *engineer* untuk desain fondasi.

2.3.3 Uji Beban Lateral

Lateral load test (uji beban lateral) adalah pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan suatu fondasi atau struktur dalam menahan beban lateral, yaitu gaya-gaya yang bekerja secara horizontal. Pengujian ini penting untuk fondasi yang akan menopang struktur tinggi atau struktur yang mungkin terkena gaya lateral seperti angin kencang atau gempa bumi.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Analitik

Metode analitik yang digunakan adalah menggunakan Ensoft Program LPILE dan GROUP PILE serta perhitungan daya dukung juga dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode Meyerhof.

LPILE adalah program khusus yang dapat menganalisis tiang pancang atau poros bor di bawah beban lateral. Program ini menghitung defleksi, geser, momen lentur, dan respons tanah terhadap kedalaman dalam tanah nonlinier. Program ini memiliki fitur grafis untuk penyajian hasil dan fitur tambahan untuk analisis khusus. GROUP digunakan sebagai alat yang berguna untuk menganalisis perilaku tiang dalam kelompok yang dikenai beban aksial dan lateral. Program ini dikembangkan untuk menghitung distribusi beban (vertikal, lateral, dan momen puntir) dari kepala tiang ke masing-masing tiang dalam kelompok.

3.2 Metode Numerik

Metode numerik yang digunakan adalah menggunakan *software* Plaxis 3D dengan menggunakan soil material *Hardening Soil*. Menurut Schanz dan Vermeer (1999) *Hardening Soil model* adalah kemampuan untuk mensimulasikan perilaku pengerasan. Pengerasan dalam model ini dibagi menjadi pengerasan geser dan volumetrik dengan menggunakan permukaan leleh geser dan cap. Model ini juga menggunakan perilaku elastis non-linear yang menghubungkan modulus elastis dengan tingkat tegangan.

3.3 Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah melalui korelasi hasil pengujian tanah pada proyek *New Universitas Jenderal Achmad Yani PT. Wijaya Karya* (persero) Tbk. Pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter Tanah

Paramter Tanah	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Satuan
	0 – 3	3 – 8	8 – 30	m
	<i>Clayey silt</i>	<i>Silty clay</i>	<i>Sand</i>	-
Tipe	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	-
	<i>Undrained A</i>	<i>Undrained A</i>	<i>Drained</i>	-
N-SPT	4	11	52	-
γ_{unsat}	16	17	20	kN/m^3
γ_{sat}	17	18	21	kN/m^3
γ'	7	8	11	kN/m^3
E	4800	26400	31866	kN/m^2
v	0.4	0.3	0.2	-
c'	1.20	6.6	5	kN/m^2
ϕ	25	25	40	°
cu	12	66	-	kN/m^2
ψ	-	-	10	

3.4 Parameter Fondasi

Parameter fondasi pada pemodelan didapatkan melalui perhitungan manual serta modul Plaxis yang dihasilkan dari data proyek pembangunan *New Universitas Jenderal Achmad Yani* (Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan) PT. Wijaya Karya (persero) Tbk. Parameter fondasi dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Parameter Fondasi

Parameter Fondasi	Linear Elastic	satuan
Tipe	<i>non-porous</i>	-
γ_{unsat}	24	kN/m^3
γ_{sat}	24	kN/m^3
f_c	52	Mpa
E	33892000	kN/m^2
ν	0.15	-

3.5 Pembebanan

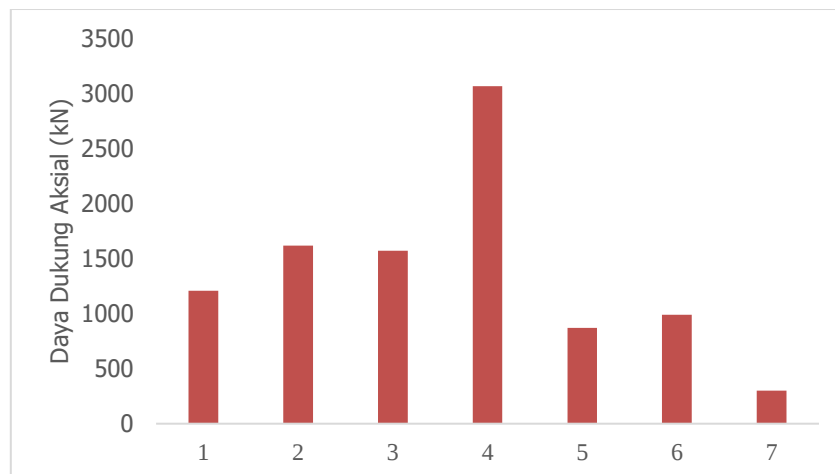
Pembebanan yang digunakan pada penelitian berdasarkan data sekunder proyek pembangunan *New Universitas Jenderal Achmad Yani* (Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan) PT. Wijaya Karya (persero) Tbk. Beban yang digunakan untuk menghitung daya dukung fondasi pada Plaxis adalah sebesar 10000 kN.

3.6 Hasil dan Analisis

Hasil daya dukung pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Daya Dukung

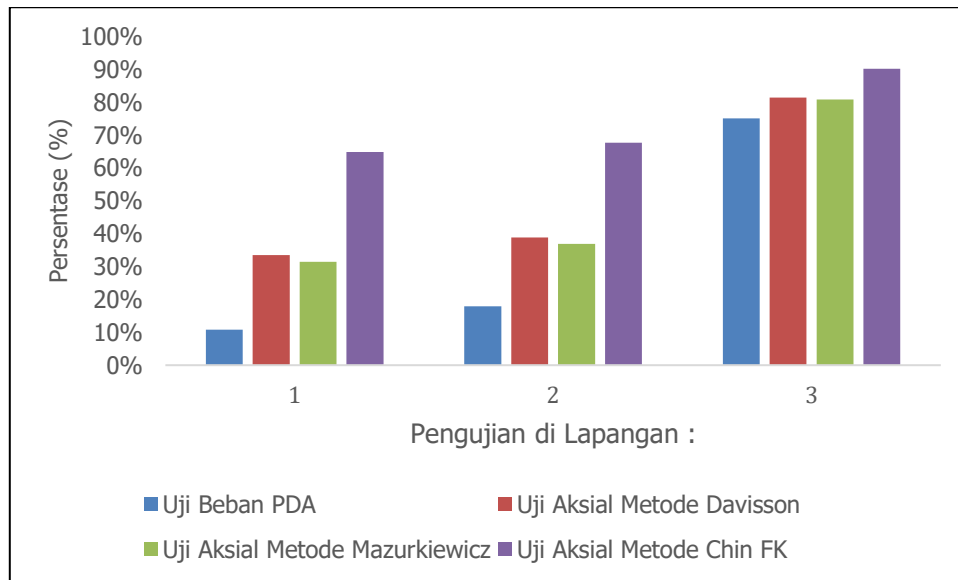
No	Rekapitulasi Tiang Tunggal	Daya Dukung Aksial (kN)
1	Uji beban PDA	1206.2
2	Uji beban aksial (Davisson)	1618.65
3	Uji beban aksial (Mazurkiewicz)	1569.6
4	Uji beban aksial (Chin)	3065.62
5	PLAXIS tiang tunggal BH-01	870.00
6	PLAXIS tiang tunggal BH-04	990.00
7	Manual metode Mayerhoff	300.63



Gambar 1. Grafik Perbandingan Daya Dukung

Tabel 4. Persentase Perbandingan Nilai Daya Dukung Aksial

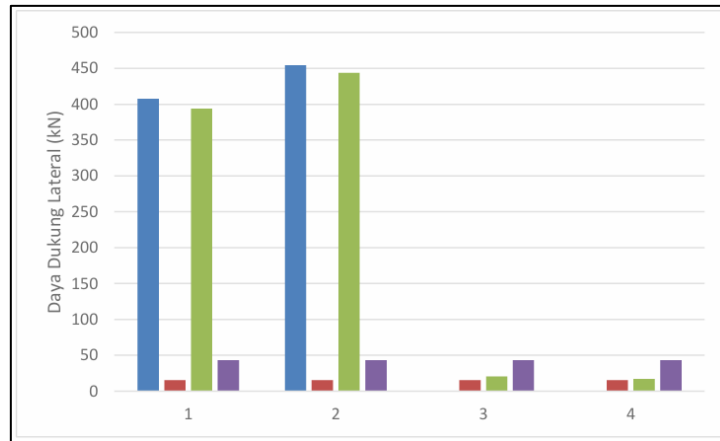
No	Hasil Penelitian	Daya Dukung Aksial (kN)	Uji Beban PDA(kN)	Uji Beban Aksial (kN)			Persentase Perbandingan Daya Dukung (%)			
				Metode Davisson	Metode Mazurkiewicz	Metode Chin FK	Uji Beban PDA	Metode Davisson	Metode Mazurkiewicz	Metode Chin FK
1	PLAXIS Tiang Tunggal BH-01	870.00	1206.2	1618.65	1569.6	3065.62	28%	46%	45%	72%
2	PLAXIS Tiang Tunggal BH-04	990.00	1206.2	1618.65	1569.6	3065.62	18%	39%	37%	68%
3	Manual Mayerhoff	300.63	1206.2	1618.65	1569.6	3065.62	75%	81%	81%	90%



Gambar 2. Grafik Persentase Perbandingan Nilai Daya Dukung Aksial

Tabel 5. Nilai Daya Dukung Lateral

No	Hasil Penelitian	Daya Dukung Lateral (kN)		Uji Beban Lateral (kN)	
				batas bawah	batas atas
1	PLAXIS Tiang Tunggal BH-01	407.5	393.5	15.2	43.1
2	PLAXIS Tiang Tunggal BH-04	454.5	443.5	15.2	43.1
3	LPILE BH-01	20.29		15.2	43.1
4	LPILE BH-04	17.19		15.2	43.1



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Daya Dukung

4. KESIMPULAN

1. Hasil analisis untuk mendapatkan nilai daya dukung aksial pada penelitian ini menggunakan beban sebesar 10000 kN. Pada pemodelan menggunakan metode numerik PLAXIS tiang tunggal untuk BH-01 didapatkan nilai daya dukung aksial sebesar 870 kN dan daya dukung lateral sebesar 407.5 kN untuk arah fx dan 393.5 kN untuk arah fy. Untuk model PLAXIS tiang tunggal BH-04 didapatkan nilai daya dukung aksial sebesar 990 kN dan daya dukung lateral sebesar 454.5 kN untuk arah fx dan 443.5 kN untuk arah fy. Serta nilai daya dukung aksial yang didapatkan dari perhitungan manual metode Meyerhof sebesar 300.627 kN.
2. Nilai daya dukung yang paling mendekati hasil pengujian lapangan yaitu dengan model PLAXIS tiang tunggal BH-04 dengan perbedaan persentase terkecil yaitu 18%.
3. Nilai daya dukung lateral hasil pengujian uji beban lateral (lapangan) adalah sebesar 15.2 – 43.1 kN. Berdasarkan hasil penelitian nilai yang masuk kedalam rentang tersebut adalah dengan pemodelan menggunakan metode analitik LPILE BH-01 dan LPILE BH-04, dengan nilai daya dukung lateral untuk BH-01 adalah sebesar 40.57 kN dan untuk BH-04 adalah sebesar 34.38 kN.
4. Perbedaan hasil antara analisis pada penelitian ini dengan hasil pengujian di lapangan disebabkan oleh beberapa asumsi parameter dengan cara korelasi yang dimasukan kedalam model menggunakan nilai korelasi *trial and error*.

DAFTAR RUJUKAN

- Darwis, M.Sc. (2018). Dasar-dasar Mekanika Tanah. Yogyakarta : Pena Indis.
- Group. (2016). *GROUP-User Manual A Program For The Analysis Of Group Of Piles Subjected To Vertical And Lateral Loading*. Texas : Ensoft, INC.
- Hadiyatmo, Hary Christady. (1996). Teknik Fondasi I. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- LPILE. (2015). *LPILE-User Manual A Program To Analyze Deep Foundations Under Lateral Loading*. Texas : Ensoft, INC.
- Plaxis. (2022). *PLAXIS 3D-Reference Manual*. Netherlands: Bentley System, Incorporated.