



Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Tiang Bor Metode Analisis Reese dan Allpile Terhadap Hasil Uji PDA

Kevin Benedict Owen Junior*, Asriwiyanti Desiani

Universitas Kristen Maranatha, Indonesia

Email: kevinowen2501@gmail.com*, asriwiyanti.desiani@eng.maranatha.edu

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas daya dukung pondasi tiang bor melalui pendekatan metode analitis dan perangkat lunak, serta membandingkannya dengan hasil uji dinamis lapangan menggunakan Pile Driving Analyzer (PDA). Metode analitis yang digunakan adalah Reese & Wright (1977) dan perangkat lunak Allpile. Data penyelidikan tanah diperoleh dari proyek pembangunan Gedung Eiger Setiabudi, Bandung, berupa data lapangan SPT dan hasil pengujian laboratorium. Dimensi tiang bor yang akan di analisis berdiameter 0,5 m dan 0,6 m dengan panjang 16 meter. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai daya dukung maksimum metode Reese & Wright adalah 191,34 ton, Allpile sebesar 189,78 ton, sehingga diputuskan untuk membuat tiang bor dengan dimensi 0,6 m berkapasitas 75 ton. Pengujian tiang menggunakan PDA menghasilkan daya dukung ultimit sebesar 189,06 ton dan penurunan maksimum (DMX) sebesar 2.66 mm. Diameter 0,6 m memenuhi persyaratan faktor keamanan minimal dan dianggap aman digunakan. Hasil ini menegaskan pentingnya verifikasi desain teoritis dengan uji lapangan untuk meningkatkan akurasi perencanaan pondasi.

Kata kunci: Daya Dukung, Pondasi Tiang Bor, PDA, Reese & Wright, Allpile

Abstract

This research was conducted to assess the bearing capacity of bored pile foundations through both analytical calculations and software simulations, with comparisons made to field test results using the Pile Driving Analyzer (PDA) method. The Reese & Wright (1977) approach and Allpile software were employed as the main analytical tools. The foundation data were obtained from the Eiger Setiabudi project site in Bandung, comprising SPT field tests and laboratory investigations. The piles analyzed had diameters of 0.5 m and 0.6 m, each with a length of 16 meters. Results showed that the ultimate bearing capacity was 191.34 tons based on Reese & Wright and 189.78 tons from Allpile, leading to the selection of a 0.6 m diameter pile with a planned capacity of 75 tons. The PDA test confirmed an ultimate capacity of 189.06 tons with a maximum settlement (DMX) of 2.66 mm. The 0.6 m pile met the minimum safety factor requirement, indicating its reliability. The findings emphasize the importance of validating theoretical designs through field verification for better foundation accuracy

Keywords: Bearing Capacity, Bored Pile, PDA, Reese & Wright, Allpile

PENDAHULUAN

Pondasi merupakan elemen struktural yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah yang mampu menahannya dengan aman. Struktur atas dapat berupa konstruksi bangunan bertingkat, jembatan, maupun struktur infrastruktur berat lainnya (Nugraha, 2019). Ada dua jenis pondasi yang biasa digunakan dalam infrastruktur bangunan yaitu pondasi tiang bor dan pondasi tiang pancang. Beban bekerja disalurkan pada pondasi tiang bor melalui tahanan ujung (end bearing resistance) dan tahanan gesek selimut (*skin*

friction resistance) (Nugraha, 2019). Keunggulan penggunaan pondasi tiang bor antara lain kemampuannya menahan beban besar, biaya konstruksi yang relatif lebih ekonomis, serta desain yang fleksibel menyesuaikan kebutuhan panjang dan diameter tiang (Ayuni, 2019; FIRDAUS, 2022; Mantiri, 2015). Selain itu, proses pelaksanaannya menghasilkan getaran dan kebisingan yang lebih minim dibandingkan dengan penggunaan tiang pancang.

Dalam perencanaan teknis pondasi tiang bor, penentuan daya dukung maksimum dan daya dukung izin sering kali dilakukan menggunakan metode analitis berbasis data penyelidikan tanah (Asdar, 2025; Hakim & Hadi, 2023; Warouw et al., 2022; Yogaswara & Riyantini, 2025). Metode analitis yang umum digunakan antara lain metode Reese & Wright (1977), yang didasarkan pada data Standard Penetration Test (SPT), sebagaimana direkomendasikan dalam SNI 8460:2017. Selain itu, perkembangan teknologi komputasi memungkinkan penggunaan perangkat lunak seperti Allpile untuk mensimulasikan perilaku tiang dengan mempertimbangkan parameter tanah yang lebih kompleks (Mugiono dkk., 2020). Namun, beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sering terdapat selisih antara hasil perhitungan teoritis dengan kondisi aktual di lapangan, terutama pada tanah dengan profil yang heterogen. Sebagai contoh, penelitian oleh Prayogo dkk. (2021) membandingkan kapasitas tiang dari metode empiris dan analisis elemen hingga dengan hasil uji dinamik di lapangan dan menemukan variasi yang signifikan pada tanah berlapis. Demikian pula, studi perbandingan oleh Jamil & Siregar (2023) mengungkapkan bahwa estimasi daya dukung berdasarkan data SPT dan data sondir (CPT) dapat memberikan hasil yang berbeda, menekankan perlunya pendekatan multi-metode dalam evaluasi.

Kesenjangan antara prediksi teoritis dan kinerja aktual ini menggarisbawahi pentingnya verifikasi lapangan. Pengujian lapangan, seperti uji pembebanan statis (*static load test*) atau uji dinamik dengan *Pile Driving Analyzer (PDA)*, menjadi instrumen krusial untuk memvalidasi desain. Penelitian oleh Rajagukguk & Tanjung (2023) dan Mugiono dkk. (2020) menunjukkan bagaimana hasil uji PDA dapat digunakan untuk mengkalibrasi dan mengevaluasi keakuratan metode perhitungan analitis. Pada proyek konstruksi di daerah urban seperti Bandung, di mana kondisi tanah permukaan seringkali tidak homogen karena mengandung material sisa konstruksi atau pengisian, validasi semacam ini menjadi semakin penting (Hariati, 2020; Rumbyarso, 2024).

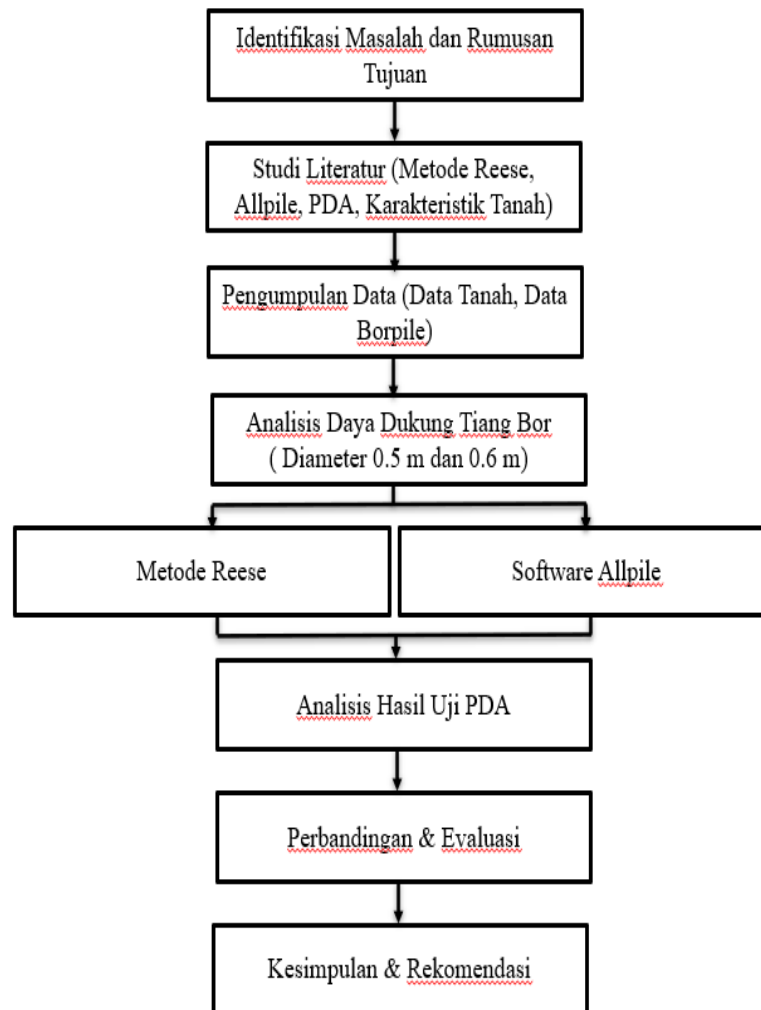
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan daya dukung tiang bor berdasarkan dua pendekatan perhitungan teoritis metode analitis Reese & Wright dan simulasi perangkat lunak Allpile kemudian mengkonfirmasi hasilnya dengan data aktual dari uji dinamik PDA. Studi ini berfokus pada pondasi tiang bor untuk proyek Gedung Eiger Setiabudi di Bandung, dengan menganalisis dua variasi diameter (0,5 m dan 0,6 m) pada panjang tetap 16 meter. Dengan membandingkan ketiga hasil tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat keakuratan dan reliabilitas masing-masing metode, serta rekomendasi praktis untuk perencanaan pondasi yang lebih aman dan efisien di lokasi dengan karakteristik tanah serupa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan (*applied research*) dengan pendekatan kuantitatif komparatif. Penelitian bersifat terapan karena bertujuan untuk memecahkan masalah praktis dalam perancangan pondasi tiang bor dengan membandingkan

dan mengevaluasi metode perhitungan yang berbeda. Pendekatan komparatif dipilih untuk membandingkan hasil dari tiga metode yang berbeda: perhitungan analitis manual (Reese & Wright), simulasi perangkat lunak (Allpile), dan pengujian lapangan (PDA), guna menilai konsistensi dan keakuratannya.

Gambar 1 menggambarkan tahapan metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini, dimulai dari proses identifikasi permasalahan, pengumpulan data, hingga analisis kapasitas daya dukung tiang yang berujung pada penarikan kesimpulan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Hasil analisis peneliti (2025)

Lokasi penelitian berada di konstruksi bangunan gedung Eiger Adventure Store berada di kawasan Setiabudi, Kota Bandung, Jawa Barat, yang dapat dilihat pada gambar 2. Data tanah diperoleh dari hasil penyelidikan tanah (*soil investigation*), yang meliputi laporan boring log, hasil uji laboratorium, dan data SPT. Analisis menggunakan data laboratorium yang terlampir pada Tabel 1. Terdapat 1 buah borhole dengan UDS di tiga kedalaman yaitu 3.50-4.00 m, 7.50-8.00 m dan 11.50-12.00. Tabel 2 memuat data pengujian lapangan *Standart Penetration Test* (SPT) dan data pengeboran sampai kedalaman 30 meter.



Gambar 2 Peta Lokasi Proyek Setiabudi

Sumber: Google Maps dengan modifikasi peneliti (2025)

Tabel 1. Data Tanah Hasil Laboratorium

BH-1			
Depth (meter)	3.5-4.0	7.5-8.0	11.5-12.0
Sample Type	UDS1	UDS2	UDS3
Spesific Gravity	2.67	2.68	2.68
Water Content (%)	57.57	51.98	47.66
Bulk/Wet density (t/m ³)	1.62	1.63	1.65
Dry Density (t/m ³)	1.03	1.08	1.12
Cohesion (kg/cm ³)	0.26	0.18	0.51
Friction Angle (ϕ)	3.8°	1.9°	5.6°

Sumber: Laporan penyelidikan tanah proyek Gedung Eiger Setiabudi (2025)

Tabel 2. N-SPT

No	Depth	N-SPT	Symbol
1	0	0	CH
2	2	3	
3	4	5	
4	6	4	
5	8	6	
6	10	4	
7	12	17	MH
8	14	31	SP
9	16	36	
10	18	40	
11	20	42	
12	22	50	
13	24	60	
14	26	60	
15	28	60	
16	30	60	

Sumber: Laporan penyelidikan tanah proyek Gedung Eiger Setiabudi (2025)

Pada penelitian ini direncanakan tiang dengan panjang 16 meter dimana kondisi tanah berupa tanah lempung kelanauan (CH), Lanau kepasiran (MH), serta pasir bergradasi buruk (SP). Data dimensi borpile pada penelitian ini akan direncanakan dengan diameter 0.5 m dan 0.6 m, berikut dengan panjang yang sama yaitu 16 meter untuk menahan beban kolom sebesar 75 ton. Perhitungan kapasitas daya dukung teoritis dilakukan dengan dua metode, dengan metode pertama yaitu metode manual menggunakan Metode Reese & Wright (1977) berdasarkan hasil SPT dan SNI 8460:2017, dan metode kedua menggunakan perangkat lunak Allpile. Allpile adalah perangkat lunak yang dimanfaatkan oleh para engineer untuk merancang fondasi dalam proyek konstruksi. Perangkat lunak ini dibuat oleh perusahaan Civiltech Software Co. Allpile dirancang untuk membantu proses desain pondasi tiang. (Mugiono et al., n.d.) Nilai daya dukung tiang metode Reese & Wright (1977)

Kapasitas maksimum tiang

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

Dimana :

Q_u : Kapasitas ultimit dari tiang

Q_p : Kontribusi tahanan ujung tiang

Q_s : Kontribusi tahanan gesek sepanjang permukaan tiang
Kontribusi tahanan ujung tiang

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad (2)$$

Dimana :

q_p : tekanan ujung tiang per satuan luas (ton/m²)

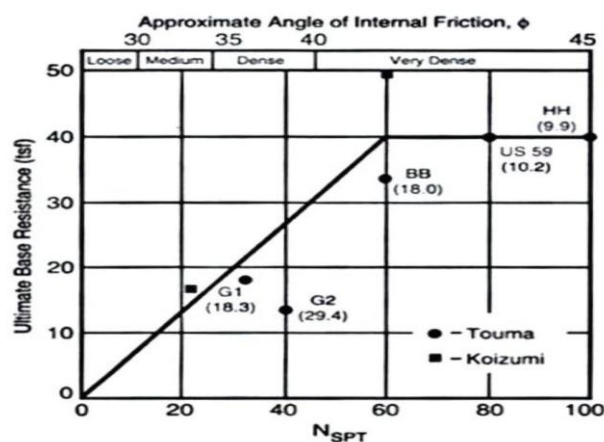
A_p : luas area penampang dasar tiang (m²)

Untuk lapisan tanah butir halus (kohesif), nilai q_p atau tahanan ujung dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$q_p = 9 \cdot c_u \quad (3)$$

di mana c_u adalah nilai kohesi tanah dalam kondisi undrained.

Sementara itu, untuk material tanah berbutir kasar (non-kohesif), metode yang diusulkan oleh Reese & Wright (1977) menyarankan adanya hubungan empiris antara nilai q_p dan angka pukulan SPT (N-SPT), detail grafik terkait diperlihatkan dalam Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Korelasi Daya Dukung Ujung pada Tiang Non- Kohesif

Sumber: Reese & Wright, (1977)

Kontribusi tahanan gesek sepanjang permukaan tiang

$$Q_s = f \cdot L \cdot p \quad (4)$$

Dimana :

f : Gaya gesekan pada permukaan samping tiang per satuan luas (ton/m²)

L : Panjang tiang bor secara keseluruhan (meter)

p : Keliling penampang melintang tiang (meter)

Untuk tanah butir halus (kohesif) :

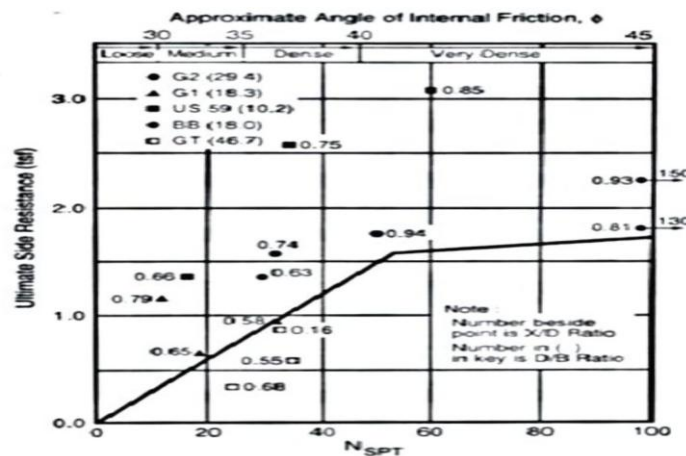
$$f = \alpha \cdot c_u \quad (5)$$

Dimana :

α : faktor adhesi antara tiang dan tanah sebesar 0,55

c_u : nilai kohesi tanah dalam kondisi tidak terdrainase (*undrained*)

Nilai f pada lapisan tanah butir kasar (non-kohesif) dapat ditentukan melalui hubungan empiris terhadap nilai N-SPT, detail grafik terkait diperlihatkan dalam Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Korelasi Tahanan Geser Selimut pada Tiang Non- Kohesif

Sumber: Reese & Wright, (1977)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Dengan Pendekatan Metode Reese & Wright.

Perhitungan daya dukung tiang bor dengan pendekatan metode Reese & Wright untuk kedua variasi diameter tiang disajikan secara rinci pada Tabel 5. Hasil analisis menunjukkan bahwa daya dukung izin tiang bor dengan diameter 0,5 meter masih belum memenuhi kapasitas yang dipersyaratkan untuk menahan beban kolom sebesar 75 ton, sehingga secara struktural diameter tersebut dinilai belum aman untuk digunakan. Sebaliknya, pada tiang bor dengan diameter 0,6 meter, nilai daya dukung izin yang diperoleh telah melampaui beban kolom yang bekerja, sehingga diameter tersebut dapat dinyatakan memenuhi kriteria keamanan dan layak digunakan sebagai alternatif desain pondasin.

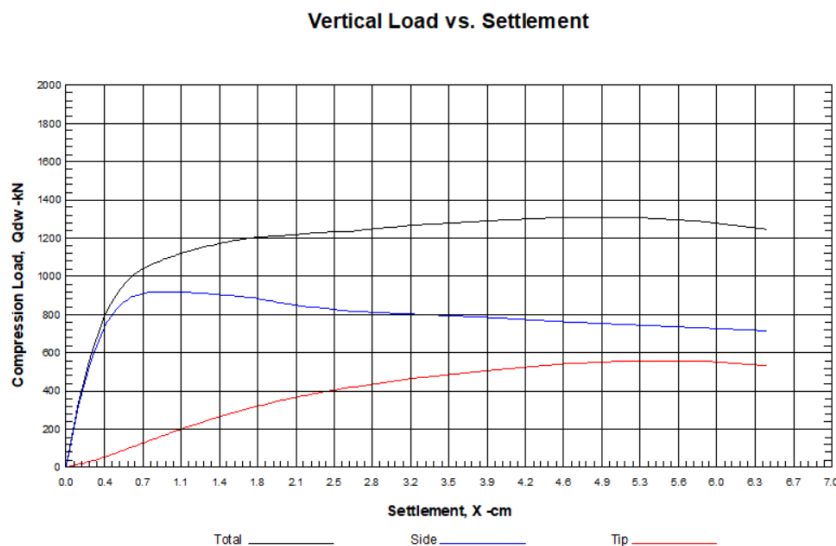
Tabel 3. N-SPT

No	Diameter (m)	Qult (Ton)	Qall (Ton)	FK
1	0.5	148.88	59.55	1.99
2	0.6	191.34	76.53	2.55

Sumber: Hasil analisis peneliti (2025)

Perhitungan Daya Dukung Pondasi dengan Software Allpile

Hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang bor untuk kedua variasi diameter tiang menggunakan aplikasi Allpile disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Analisis ini dilakukan dengan mempertimbangkan parameter tanah, dimensi tiang, serta kondisi pembebanan yang telah ditentukan sebelumnya. Dari hasil pemodelan tersebut, diperoleh nilai daya dukung tiang yang mencakup kontribusi tahanan ujung dan tahanan selimut, sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kelayakan masing-masing diameter tiang dalam menahan beban struktur yang bekerja.



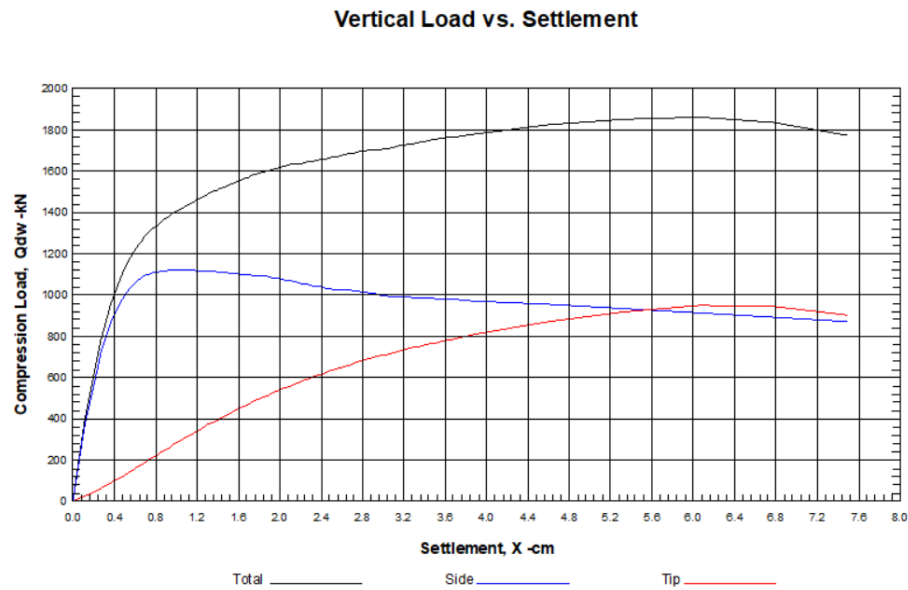
Gambar 5 Hasil Grafik Allpile: Daya Dukung Total terhadap Penurunan untuk Tiang Bor Ø 0,5 m

Sumber: Hasil simulasi Allpile (2025)

Gambar 5 menampilkan grafik antara beban dan penurunan pada tiang bor berdiameter 0,5 meter, yang menggambarkan kinerja tiap garis daya dukung sejak beban awal hingga beban maksimum. Garis total menunjukkan kapasitas daya dukung keseluruhan sebesar 1307,472 kN atau setara dengan 133,33 ton. Garis side (daya dukung akibat friksi selimut) memberikan kontribusi sebesar 854,945 kN (85,80 ton), sedangkan garis tip (daya dukung ujung tiang) mencatatkan nilai 452,527 kN (45,42 ton). Berdasarkan hasil ini, tiang dengan diameter 0,5 meter belum mampu mendukung beban kolom sebesar 75 ton.

Gambar 6 menampilkan grafik serupa untuk tiang berdiameter 0,6 meter. Garis total menunjukkan daya dukung sebesar 1861,065 kN atau 189,78 ton. Dari jumlah tersebut, garis side berkontribusi sebesar 1072,026 kN (107,59 ton), sedangkan garis tip memberikan daya dukung sebesar 789,038 kN (79,19 ton). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tiang bor berdiameter 0,6 meter telah memenuhi kebutuhan untuk menopang beban kolom sebesar 75

ton.



Gambar 6 Hasil Grafik Allpile: Daya Dukung Total terhadap Penurunan untuk Tiang Bor Ø 0,6 m
Sumber: Hasil simulasi Allpile (2025)

Analisis Daya Dukung Tiang dari Hasil Uji PDA

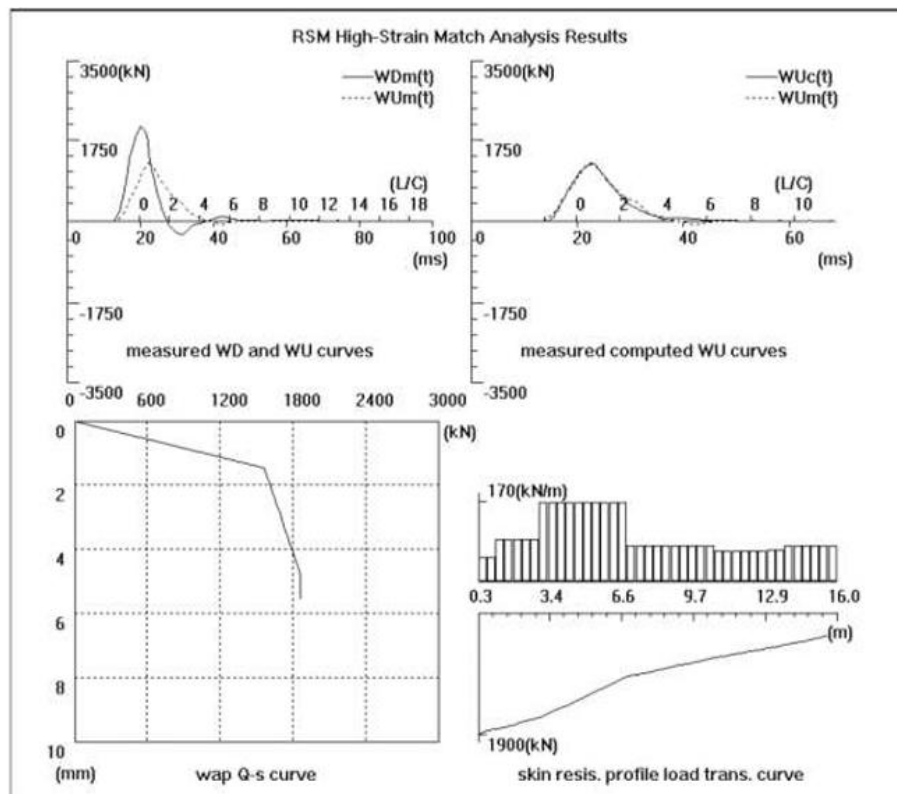
Pengujian dinamis dilakukan menggunakan metode Pile Driving Analyzer (PDA) guna diperoleh kapasitas aktual tiang di lapangan. Perangkat PDA merupakan alat digital yang terdiri dari sensor regangan, akselerometer, dan komputer pengolah data yang berfungsi mengevaluasi respons dinamis akibat tumbukan palu. Alat ini merekam gaya dan kecepatan tiang saat menerima pukulan dari palu berbobot 2 ton. Hasil rekaman tersebut memberikan informasi mengenai kapasitas daya dukung, energi tumbukan, penurunan (settlement), serta parameter dinamis lainnya.

Selanjutnya, dilakukan analisis lanjutan menggunakan perangkat lunak CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) untuk memperoleh grafik settlement terhadap beban, serta distribusi kontribusi tahanan ujung tiang dan kontribusi tahanan gesek sepanjang permukaan tiang.

Tabel 4. Hasil Test PDA

Project: PDA EIGER	Dept Testing: Geocoup	Date Testing : 16/03/2025	
PileID: TP-01	TotalLen: 16,00m	Area: 0.2827m ²	Speed: 3800m/s
FMX: 3352,56kN	VMX :0,46m/s	EMX: 6,62kN*m	Case Jc: 0,65
TotalUltimate: 1854kN	ShaftResist: 1537kN	EndBeagin: 317 Kn	QF: 4,3
Qa: 0,10mm	Qt: 3,00mm	Ss: 4,7s/m	St: 5,3s/m

Sumber: Laporan pengujian PDA proyek Gedung Eiger Setiabudi (2025)



Gambar 7. Grafik Hasil Test PDA

Sumber: Hasil analisis CAPWAP dari data PDA (2025)

Pengujian dinamis menggunakan metode Pile Driving Analyzer (PDA) telah dilakukan pada tiang bor dengan kode TP-01 di proyek pembangunan Gedung Eiger Setiabudi pada tanggal 16 Maret 2025. Tiang yang diuji memiliki panjang total 16,00 meter dan luas penampang 0,2827 m²

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung ultimit tiang mencapai 1854 kN setara dengan 189.06 ton, yang terdiri atas kontribusi dari daya dukung selimut sebesar 1537 kN yang setara dengan 154.26 ton dan daya dukung ujung sebesar 317 kN yang setara dengan 31.81 ton, dan penurunan maksimum tiang akibat pengujian test PDA (DMX) sebesar 2.66 mm. Agar tiang bor dapat mendukung beban kolom sebesar 75 ton, hasil pengujian PDA harus melebihi 2 kali 75 ton yaitu 150 ton. Hasil pengujian PDA adalah 189.06 ton menunjukkan tiang bor yang ada telah memenuhi persyaratan.

Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor

Analisis kapasitas dukung pondasi tiang bor dilakukan dengan sesuai dengan ketentuan perencanaan pondasi dalam. Hasil perhitungan kapasitas dukung izin dari masing-masing variasi diameter kemudian dibandingkan dengan beban kolom rencana guna menentukan kelayakan dan tingkat keamanan pondasi tiang bor yang dianalisis (Nurachim & Yakin, 2017; Ramadhan, 2023).

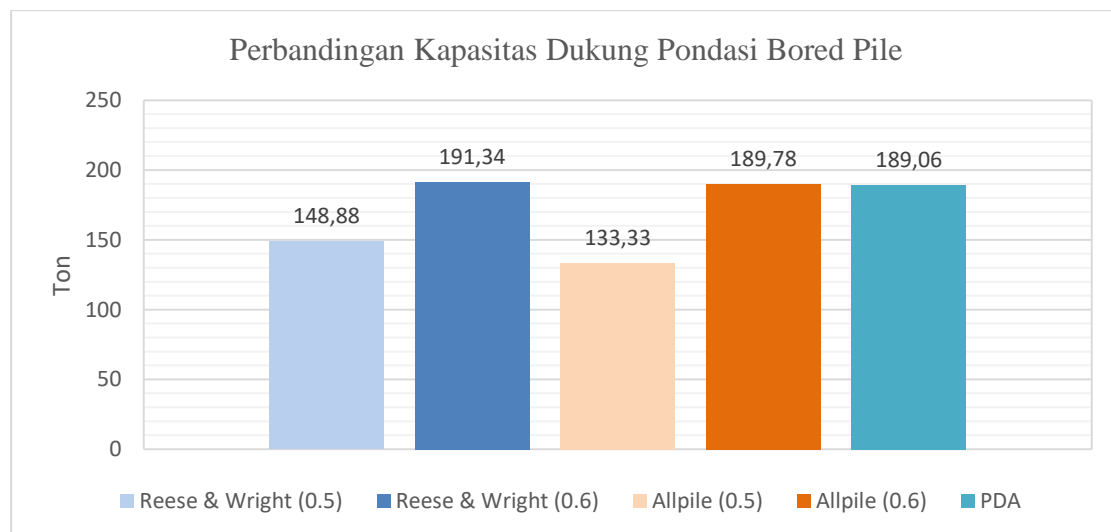
mempertimbangkan dua variasi diameter tiang, yaitu 0,5 m dan 0,6 m, di mana diameter 0,6 m merupakan ukuran pondasi eksisting yang digunakan di lapangan. Evaluasi kapasitas dukung dilakukan untuk menilai pengaruh perubahan diameter tiang terhadap kemampuan pondasi dalam menahan beban struktur yang bekerja. Dalam analisis ini, faktor keamanan (safety factor) yang digunakan sebesar 2,5.

Tabel 5. Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor

Metode	Diameter (m)	Qult (Ton)	Qijin (Ton)	FK	Status
Reese & Wright	0.5	148.88	59.55	1.99	Tidak Aman
	0.6	191.34	76.53	2.55	Aman
Allpile	0.5	133.33	53.332	1.78	Tidak Aman
	0.6	189.78	75.912	2.53	Aman
PDA	0.6	189.06	75	2.52	Aman

Sumber: Hasil analisis komparatif peneliti (2025)

Berdasarkan Tabel 7, diperoleh hasil kapasitas dukung maksimum (Q_u) tiang bor dengan metoda Reese & Wright berdiameter 0,5 m, dan 0,6 m masing-masing sebesar 148.88 ton, dan 191.34 ton. Sementara itu, dengan menggunakan software Allpile, kapasitas dukung ultimit untuk diameter yang sama masing-masing adalah 133.33 ton, dan 189.78 ton. Kapasitas dukung ultimit pondasi eksisting berdasarkan hasil pengujian PDA sebesar 189.06 ton. Tiang bor dengan diameter 0.6 meter dan safety factor di atas 2,5 menunjukkan bahwa pondasi tersebut berada dalam kondisi aman dan mampu menahan beban kerja dengan tingkat keandalan yang tinggi.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Tiang Bor

Sumber: Hasil analisis komparatif peneliti (2025)

KESIMPULAN

Daya dukung pondasi tiang dengan diameter 0,5 m dan 0,6 m dianalisis melalui pendekatan analitis (Reese & Wright), simulasi menggunakan perangkat lunak Allpile, serta pengujian dinamis di lapangan dengan metode PDA. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kapasitas dukung maksimum (Q_u) berdasarkan metode Reese & Wright mencapai 191,34 ton, sedangkan perhitungan menggunakan Allpile sebesar 189,78 ton, dan pengujian lapangan dengan PDA menunjukkan nilai 189,06 ton. Tiang dengan diameter 0,6 meter memberikan performa daya dukung yang lebih baik dibandingkan diameter 0,5 meter pada semua metode, serta mampu memenuhi syarat faktor keamanan minimum 2,5, yang

menandakan pondasi berada dalam kondisi aman. Deviasi yang relatif kecil antara hasil Allpile dan PDA menunjukkan bahwa perangkat lunak tersebut memberikan estimasi yang cukup representatif terhadap kondisi aktual lapangan. Namun demikian, untuk meningkatkan akurasi dan keselamatan desain, tetap disarankan mengombinasikan metode teoritis dengan pengujian lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdar, A. M. (2025). *Perbandingan daya dukung axial tiang bor metode SNI 8460:2017, Allpile, dan PDA*. Universitas Islam Sultan Agung.
- Ayuni, P. (2019). *Evaluasi perhitungan pondasi bored pile pada konstruksi bangunan*. Universitas Medan Area.
- Firdaus, A. A. (2022). *Analisis perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan pondasi tiang bor dan tiang pancang (comparison analysis of cost and time of implementation of bore pile and spun pile foundation)*.
- Hakim, M. F. N., & Hadi, M. A. (2023). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi berdasarkan data N-SPT diverifikasi dengan nilai PDA dan CAPWAP.
- Hariati, F. (2020). Korelasi nilai daya dukung ultimit tiang bor hasil analisis dengan hasil pengujian PDA test (studi kasus: pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi III A ruas Simpang Yasmin–Simpang Salabenda). *Jurnal Komposit*.
- Isnaeni, D. R., Wahyudi, H., & Sari, P. T. K. (2021). Perencanaan pondasi bored pile dan secant pile pada basement sebagai alternatif perencanaan eksisting di Apartemen Tamansari Emerald Citraland Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2).
- Jamil, N. A., & Siregar, C. A. (2023). Analisis daya dukung fondasi tiang bor (bored pile) berdasarkan data Standard Penetration Test (SPT) dan Cone Penetration Test (CPT).
- Mantiri, C. (2015). *Tinjauan perencanaan daya dukung dan pelaksanaan pondasi tiang bor pembangunan Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado*. Politeknik Negeri Manado.
- Mugiono, A., Saifuddin, F. H., Karlinasari, R., et al. (2020). Analisis perbandingan daya dukung pondasi tiang bored pile dari hasil tes PDA berdasarkan metode Chin, Mazurkiewich, dan Davisson. Dalam *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA (KIMU) 4* (Semarang, 28 Oktober 2020).
- Nugraha, A. S. (2019). *Tahanan gesekan selimut pada tiang bor panjang*.
- Nurachim, L., & Yakin, Y. A. (2017). Analisis daya dukung kelompok tiang bor pada Jembatan Moh. Toha (proyek penambahan lajur Tol Kopo–Buah Batu). *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(4), 104.
- Pratama, P., Pasaribu, B., & Simbolon, R. H. (2022). Perhitungan daya dukung rencana pondasi bore pile pada perencanaan pembangunan. *JTSIP*, 1(1), 21.
- Prayogo, M. A., Wahyudi, H., & Mochtar, I. B. (2021). Comparison between the results of the pile bearing capacity analysis based on empirical method and finite element method using the results of dynamic analysis on the field. *Journal of Civil Engineering*, 36(1), 10.
- Rajagukguk, H., & Tanjung, D. (2023). Analisis daya dukung pondasi bore pile dengan hasil uji pembebanan langsung (loading test). *Buletin Utama Teknik*, 19(1), 34–40.
- Ramadhan, J. (2023). Analisis daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data SPT dan PDA test. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 5(2), 569–576.
- Rumbyarso, Y. P. A. (2024). Analisis komparasi daya dukung spun pile dengan manual, PDA test, dan Allpile: Comparative analysis of spun pile bearing capacity with manual, PDA test and Allpile. *Nusantara Journal of Science and Technology*, 1(2), 1–10.

- Warouw, P. J. N., Rangkang, J., & Saerang, E. J. (2022). Analisis daya dukung pondasi bored pile Jembatan Kalasey dengan tes PDA pada Jalan Manado Outer Ringroad III STA 9+799. *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi*, 1(1), 296–306.
- Yogaswara, D., & Riyantini, R. (2025). Analisis pengendalian mutu fondasi tiang bor berdasarkan uji PDA dan uji PIT. *Jurnal Teknik Sipil*, 21(1), 32–47.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)