

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* BERDASARKAN DATA UJI LAPANGAN SPT PADA PROYEK JEMBATAN KIAMBANG – A KM. 45+200 JALAN NASIONAL RUAS SICINCIN – LUBUK ALUNG

Fadhila Sari Monanda¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta
sarimonanda20@gmail.com

Eva Rita²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta
evarita@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Pondasi merupakan elemen paling penting dalam sebuah bangunan atau konstruksi. Fungsi pondasi adalah untuk menampung, menahan, dan meneruskan beban dari bagian atas bangunan ke lapisan tanah yang cukup kuat untuk mendukung struktur tersebut. Dalam proses perancangan pondasi, penting untuk memperhatikan daya dukung tanah serta potensi penurunan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil uji tes PDA yang telah dilakukan di lapangan dan analisis lanjutan dari hasil pengujian PDA dikenal sebagai CAPWAP. Metode Reese & Wright (1977) dan Vesic (1977) diterapkan saat menentukan daya dukung pondasi berdasarkan data SPT, untuk perhitungan penurunan pondasi menggunakan rumus Vesic (1977). Berdasarkan hasil analisis perhitungan didapatkan, daya dukung tiang tunggal dengan metode Reese & Wright (1977) memiliki nilai yang mendekati hasil uji tes PDA dan CAPWAP, sedangkan metode Vesic (1977) memiliki nilai daya dukung tiang yang lebih tinggi dibandingkan hasil dari uji PDA dan CAPWAP. Pendekatan yang direkomendasikan untuk menghitung daya dukung tiang adalah metode yang dikembangkan oleh Reese & Wright (1977), karena hasil daya dukung tiang dengan menggunakan metode ini mendekati hasil uji tes PDA dan CAPWAP. Hasil penurunan tiang tunggal dengan rumus Vesic (1977) masih berada dalam batas aman, yaitu tidak melebihi nilai penurunan maksimum yang diperbolehkan, sehingga penurunan tiang tersebut masih aman.

Kata Kunci: Pondasi, SPT, Daya Dukung, Penurunan, PDA, CAPWAP

ABSTRACT

The foundation is the most important element in a building or construction. The function of the foundation is to support, hold, and transfer the building load from the upper floors to the soil layer that can support the structure. In the process of foundation design, it is important to consider the soil bearing capacity and the potential settlement. The purpose of this research is

to analyze the bearing capacity and settlement of the bored pile foundation of the Kiambang – A KM. 45+200 bridge at drill point BH. 01 (B1) on abutment 1 and drill point BH. 02 (A1) on abutment 2, and then compare the results with the PDA test conducted in the field and the CAPWAP analysis results, which are the follow-up analysis of the PDA test results. Reese & Wright (1977) and Vesic (1977) are methods used to determine the bearing capacity of foundations based on SPT data, while the settlement calculation of the foundation uses the Vesic (1977) formula. The bearing capacity of a single pile was determined using the Reese & Wright (1977) approach, which produced values close to the PDA and CAPWAP test results. Conversely, the Vesic (1977) approach produced values higher than the PDA and CAPWAP test results. It is recommended to use the Reese & Wright (1977) approach to determine the bearing capacity of piles because the results of this approach are almost the same as the results of the PDA and CAPWAP tests. The results of the single pile settlement using the Vesic (1977) formula still meets the criteria, as it is smaller than the allowable settlement, making the pile settlement safe.

Keyword: Foundation, SPT, Bearing Capacity, Settlement, PDA, CAPWAP

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan kualitas dan aktivitas ekonomi suatu wilayah. Kegiatan pelaksanaan proyek Penggantian Jembatan Kiambang-A pada KM. 45+200 Jalan Nasional ruas Sicincin – Lubuk Alung dilaksanakan dalam rangka mencapai sasaran pembangunan nasional berkenaan dengan tuntutan laju pertumbuhan lalu lintas serta fungsi pelayanan umum kepada masyarakat akan kebutuhan prasarana fisik atau infrastruktur melalui sarana transportasi darat pada sub sektor perhubungan darat di Provinsi Sumatera Barat, yang mana lokasi tersebut merupakan akses masuk utama pasokan bahan pokok dan bahan kebutuhan lainnya menuju Kota Padang dari arah Pekanbaru dan Medan serta sebaliknya. Jembatan Kiambang-A KM. 45+200 direncanakan ulang karena, struktur jembatan eksisting Kiambang-A KM. 45+200 terkena banjir pada bulan September 2023. Hal ini mengakibatkan salah satu pilar jembatan miring dan lantai jembatan patah sehingga tidak dapat lagi berfungsi.

Untuk membangun struktur yang kuat dan kokoh perlu direncanakan suatu penopang yang bernama pondasi untuk memastikan bahwa bangunan tetap stabil dan tidak mengalami pergeseran atau keruntuhan akibat beban yang diterimanya. Dalam merencanakan pondasi, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu beban yang diterima dari bangunan tidak boleh melebihi kekuatan tanah di bawahnya. Setiap jenis pondasi bangunan harus direncanakan dengan mempertimbangkan karakteristik tanah di bawahnya, termasuk jenis, kekuatan, dan daya dukungnya. Jika tanahnya stabil dan mempunyai daya dukung yang baik, pembangunan pondasi akan lebih mudah. Sebaliknya, jika tanahnya mempunyai daya dukung rendah, pondasi yang lebih rumit akan dibutuhkan. Dalam proses perancangan pondasi, penting untuk memperhatikan daya dukung tanah serta potensi penurunan. Untuk mengevaluasi daya dukung pondasi tiang digunakan beberapa metode seperti metode dinamis, statis, pengujian beban, dan tes PDA (Hendri, 2008 dalam Siagian & Manurung, 2023). Jenis pondasi yang digunakan pada Jembatan Kiambang-A ini adalah pondasi dalam tiang bor. Dikarenakan jenis pondasi ini memiliki kelebihan dalam pemasangannya yaitu tidak menimbulkan getaran untuk

mengantisipasi terjadinya keruntuhan pada struktur jembatan Kiambang-B di sebelahnya dan tidak menimbulkan kebisingan pada daerah sekitarnya.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 memakai metode yang dikembangkan oleh Reese & Wright (1977) dan Vesic (1977) dari data uji SPT. Metode Reese & Wright (1977) dipilih untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang bor dalam penelitian tugas akhir ini disebabkan karena tanah yang teridentifikasi pada hasil data SPT adalah tanah berpasir, sementara metode Vesic (1977) sebagai perbandingan untuk mendapatkan hasil daya dukung pondasi yang lebih bervariasi. Setelah itu dilanjutkan dengan membandingkan data analisis daya dukung pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 dari hasil uji tes PDA yang telah dilakukan di lapangan dan analisis lanjutan dari hasil pengujian PDA dikenal sebagai CAPWAP. Selanjutnya dilakukan perhitungan seberapa besar penurunan tiang pondasi tiang bor titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 yang terjadi dengan menggunakan rumus Vesic (1977), kemudian besar penurunan yang didapatkan dibandingkan dengan hasil uji tes PDA yang telah dilakukan di lapangan. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui manakah metode yang lebih efisien dalam perhitungan daya dukung dan penurunan tiang tunggal pondasi pada proyek jembatan Kiambang – A KM. 45+200 dengan hasil pengujian tes PDA dan hasil analisis CAPWAP.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui daya dukung tiang tunggal dan kelompok pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 menggunakan metode Reese & Wright (1977) dan Vesic (1977) dari data uji SPT.
2. Mengetahui besar penurunan tiang tunggal dan kelompok pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 dengan menggunakan rumus Vesic (1977).
3. Meninjau perbandingan daya dukung tiang tunggal pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 menggunakan metode Reese & Wright (1977) dan Vesic (1977) berdasarkan data hasil uji SPT terhadap data hasil uji tes PDA dan analisis CAPWAP.
4. Mengetahui perbandingan besar penurunan tiang tunggal pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 menggunakan rumus Vesic (1977) terhadap data analisis penurunan menggunakan hasil uji tes PDA.

Manfaat Penelitian

1. Meninjau perbandingan daya dukung tiang tunggal pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 menggunakan metode Reese & Wright (1977) dan Vesic (1977) dari data uji SPT terhadap data hasil uji tes PDA dan analisis CAPWAP.
2. Mengetahui perbandingan besar penurunan tiang tunggal pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 menggunakan rumus Vesic (1977) terhadap data penurunan hasil uji tes PDA.

3. Diharapkan penelitiannya ini dapat bermanfaat sebagai referensi untuk setiap pembaca.

METODE PENELITIAN

Pendekatan ilmiah untuk mengumpulkan data dengan tujuan dan maksud tertentu dikenal sebagai metode penelitian (Sugiyono, 2019). Pada penelitian ini menggunakan data sekunder dan metodologi penelitian kuantitatif. Setelah semua data diperoleh, maka dilakukan analisis data untuk mengetahui penurunan pondasi dan daya dukungnya pada titik BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 jembatan Kiambang – A KM. 45+200.

1. Lokasi Penelitian

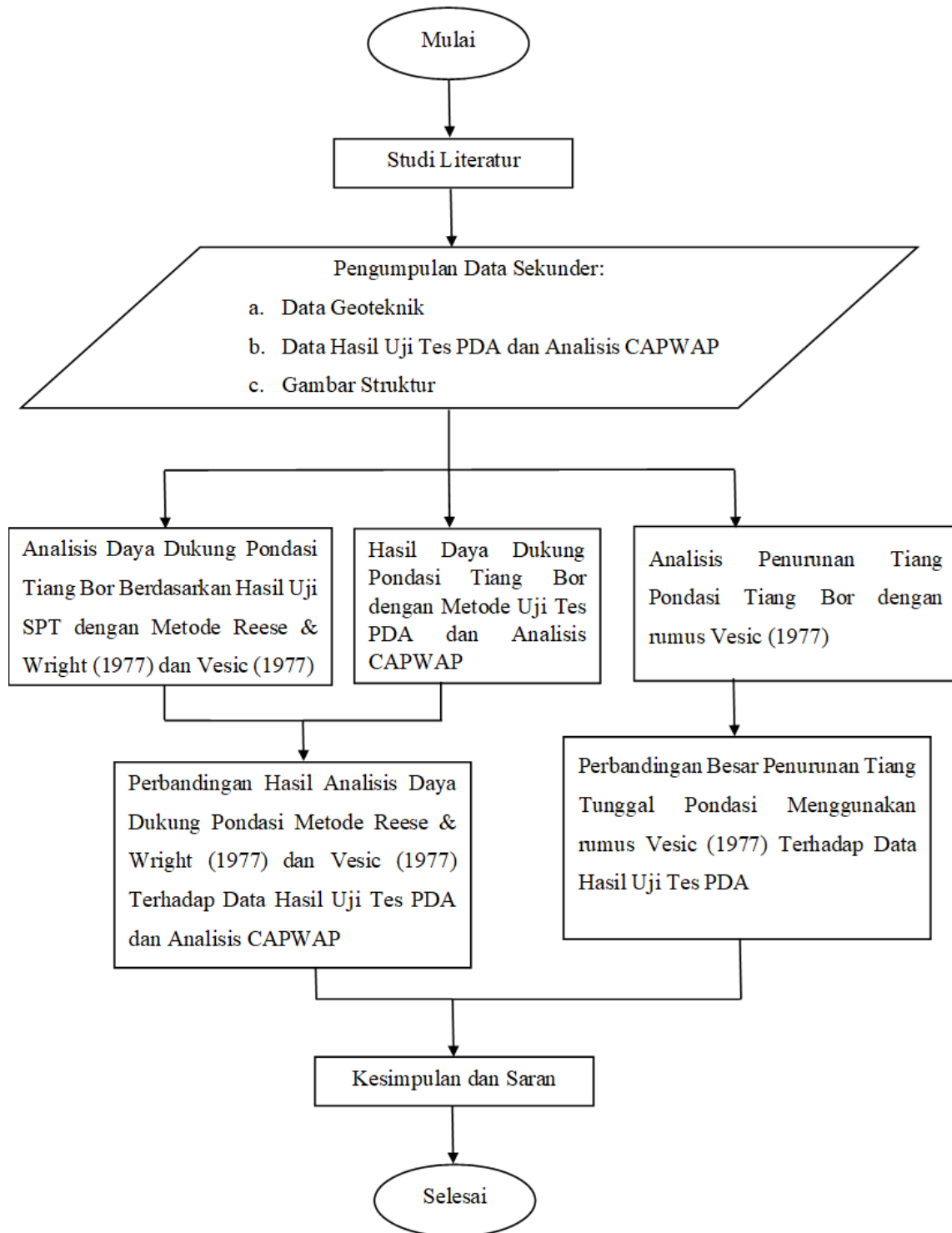
Lokasi yang dijadikan untuk tempat dari penelitian ini adalah proyek penggantian jembatan Kiambang – A KM. 45+200 yang berlokasi di Kiambang, Jalan Nasional Ruas Sicincin – Lubuk Alung, Kecamatan 2 x 11 Enam Lingkung, Kabupaten Padang Pariaman, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber: PT. Arupadhatu Adisesanti, 2024)

2. Tahapan Penelitian

Dalam memperoleh tujuan dari penelitian ini diawali dengan dengan tahap pengumpulan data, studi literatur, tahap analisis hasil dan pembahasan perhitungan hingga kesimpulan serta saran. Tahapan penelitian ditampilkan dalam bentuk bagan alir penelitian pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Resume Hasil Boring Log BH. 01

No. BH	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT
BH. 01	0.00 – 2.00	Pasir sedikit lanau berkerikil sisipan batuan, warna coklat, tingkat kepadatan sangat padat.	60
	2.00 – 4.00		60
	4.00 – 6.00		60
	6.00 – 8.00		26
	8.00 – 10.00	Pasir sedikit lanau, warna abu – abu, tingkat kepadatan agak padat hingga sangat padat.	22
	10.00 – 12.00		24
	12.00 – 14.00		26
	14.00 – 16.00		29
	16.00 – 18.00		60
	18.00 – 20.00		60
	20.00 – 22.00		60
	22.00 – 24.00		60

(Sumber: PT. Artesis Geo Reka, 2024)

Tabel 2. Resume Hasil Boring Log BH. 02

No. BH	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT
BH. 02	0.00 – 2.00	Pondasi bangunan ABT lama dan timbunan	60
	2.00 – 4.00	Pondasi ABT lama, timbunan, pasir lanauan sedikit kerikil sisipan batuan, warna kecoklatan, kriteria keras	18
	4.00 – 6.00	Pasir lanauan sedikit kerikil sisipan batuan, warna kecoklatan, kriteria keras	22
	6.00 – 8.00	Pasir sedikit lanau berkerikil sisipan batuan, berwarna abu – abu, tingkat kepadatan agak padat hingga sangat padat.	60
	8.00 – 10.00		60
	10.00 – 12.00		11
	12.00 – 14.00		60
	14.00 – 16.00	Pasir sedikit lanau berkerikil, berwarna abu – abu, tingkat kepadatan agak padat hingga sangat padat.	27
	16.00 – 18.00		60
	18.00 – 20.00		60
	20.00 – 22.00		60
	22.00 – 24.00		60

(Sumber: PT. Artesis Geo Reka, 2024)

1. Hasil Analisis Daya Dukung Tiang Tunggal

Penelitian ini menggunakan tiang berdiameter 0,8 m dan tiang tertanam sepanjang 14 m. Berdasarkan perhitungan daya dukung tiang tunggal abutmen 1 (B1) dan abutmen 2 (A1) jembatan Kiambang – A KM. 45+200 Jalan Nasional Ruas Sicincin – Lubuk Alung didapat hasil pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Daya Dukung Tiang Tunggal

Titik	Kedalaman (m)	Metode Reese & Wright			
		(1977)		Metode Vesic (1977)	
		Q_{ult} (ton)	Q_{all} (ton)	Q_{ult} (ton)	Q_{all} (ton)
B1	14 m	546,7725	273,3863	1519,3537	759,6768
A1	14 m	602,4852	301,2426	1584,6657	792,3328

Berdasarkan Tabel 3, daya dukung ultimit metode Vesic (1977) mendapat hasil yang lebih besar jika dibandingkan dengan metode Reese & Wright (1977).

2. Hasil Analisis Daya Dukung Tiang Kelompok

Kapasitas dukung tiang kelompok abutmen 1 (B1) dan abutmen 2 (A1) jembatan Kiambang – A KM. 45+200 Jalan Nasional Ruas Sicincin – Lubuk Alung didapat hasil pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Daya Dukung Tiang Kelompok

Titik	Kedalaman (m)	Metode Reese & Wright	
		(1977)	Metode Vesic (1977)
		Q_g (ton)	Q_g (ton)
B1	14 m	1872,9695	5204,5458
A1	14 m	2063,8131	5428,2720

Berdasarkan Tabel 4, daya dukung tiang kelompok dari metode Vesic (1977) mendapat hasil yang lebih besar dibandingkan tiang kelompok dari metode Reese & Wright (1977).

3. Hasil Penurunan Tiang

Berdasarkan perhitungan penurunan elastis tiang tunggal pondasi tiang bor dengan menggunakan rumus Vesic (1977) abutmen 1 (B1) dan abutmen 2 (A1) jembatan Kiambang – A KM. 45+200 Jalan Nasional Ruas Sicincin – Lubuk Alung didapat hasil pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Penurunan Tiang

Titik	Hasil Rumus Vesic dari Metode:	S_1 (m)	S_2 (m)	S_3 (m)	Stotal (m)
B1	Reese & Wright (1977)	0,0015	0,0565	0,0018	0,0598
	Vesic (1977)	0,0024	0,0565	0,0048	0,0637
A1	Reese & Wright (1977)	0,0023	0,0565	0,0033	0,0621
	Vesic (1977)	0,0036	0,0565	0,0112	0,0713

Berdasarkan Tabel 5, penurunan tiang dengan rumus Vesic (1977) memiliki hasil yang masih memenuhi penurunan izin yaitu $S_{total} < 0,08$ m.

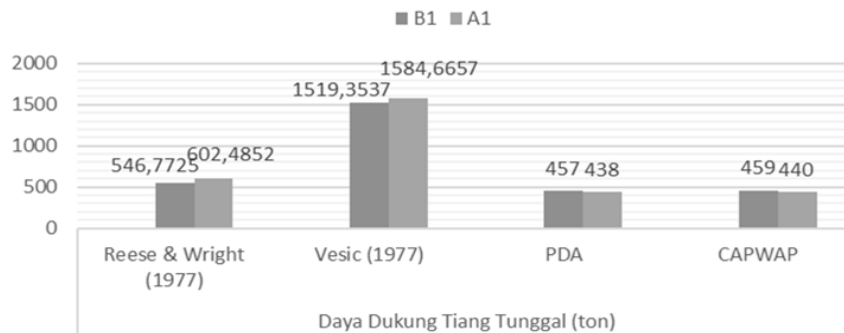
4. Perbandingan Hasil Daya Dukung dan Penurunan Tiang Tunggal dengan Hasil Uji Tes PDA dan Analisis CAPWAP

Perhitungan daya dukung digunakan pendekatan berdasarkan formula yang dikembangkan oleh Reese & Wright (1977) dan Vesic (1977), serta digunakan rumus Vesic (1977) untuk menghitung penurunan tiang tunggal telah dilakukan pada perhitungan sebelumnya, dan data dari hasil uji tes PDA di lapangan dan analisis CAPWAP telah diperoleh, maka rangkuman hasil pengolahan data secara manual dengan data dari hasil uji tes PDA dan analisis CAPWAP terdapat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Rangkuman Hasil Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Jembatan Kiambang - A KM. 45+200

Titik	Daya Dukung Tiang Tunggal (ton)			
	Reese & Wright (1977)	Vesic (1977)	PDA	CAPWAP
B1	546,7725	1519,3537	457	459
A1	602,4852	1584,6657	438	440

Hasil Daya Dukung Ultimit Tiang Tunggal Abutment 1 & Abutment 2

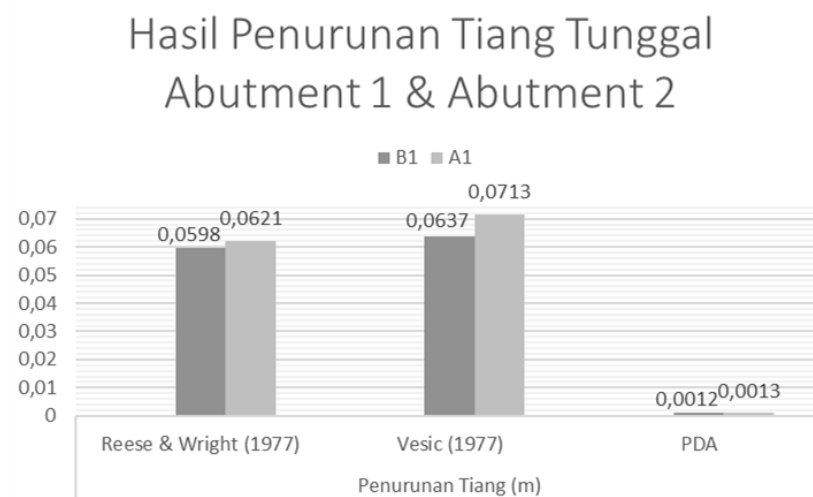


Gambar 3. Perbandingan Hasil Daya Dukung Tiang Tunggal

Berdasarkan Gambar 3, didapatkan hasil daya dukung ultimit tiang (Q_{ult}) bor pada abutmen 1 (B1) dan abutmen 2 (A1) dengan metode Reese & Wright (1977) didapatkan sebesar 546,7725 ton dan 602,4852 ton, dan metode Vesic (1977) didapatkan sebesar 1519,3537 ton dan 1584,6657 ton. Sedangkan hasil daya dukung ultimit tiang (Q_{ult}) dari uji tes PDA dan analisis CAPWAP memiliki hasil yaitu 457 ton dan 459 ton pada abutmen 1 (B1) dan 438 ton dan 440 ton pada abutmen 2 (A1). Maka berdasarkan hasil dari perhitungan manual didapatkan, perhitungan dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977) memiliki nilai yang mendekati hasil uji tes PDA dan CAPWAP, sedangkan metode Vesic (1977) lebih tinggi jika dibandingkan dengan uji tes PDA dan CAPWAP. Adanya perbedaan hasil daya dukung disebabkan oleh parameter yang digunakan dalam rumus pada tiap metode berbeda.

Tabel 7. Rangkuman Hasil Penurunan Tiang Tunggal Pondasi Jembatan Kiambang – A KM. 45+200

Titik	Hasil Rumus Vesic dari Metode:	S (m)	Metode	S (m)
B1	Reese & Wright (1977)	0,0598	PDA	0,0012
	Vesic (1977)	0,0637		
A1	Reese & Wright (1977)	0,0621	PDA	0,0013
	Vesic (1977)	0,0713		



Gambar 4. Perbandingan Hasil Penurunan Tiang Tunggal

Berdasarkan Gambar 4, didapatkan hasil penurunan tiang tunggal dengan rumus Vesic (1977) mengakibatkan penurunan yang lebih besar jika dibandingkan hasil uji tes PDA, tetapi hasil penurunan tiang dengan rumus Vesic (1977) masih berada dalam batas aman, yaitu tidak melebihi nilai penurunan maksimum yang diperbolehkan yaitu $< 0,08$ m, sehingga penurunan tiang tersebut masih aman.

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis data pada Proyek Jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dan titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2, dapat diperoleh kesimpulan mengenai kapasitas dukung pada pondasi tiang tunggal maupun tiang kelompok titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 berdasarkan data SPT didapatkan daya dukung tiang tunggal metode Reese & Wright (1977) 546,7725 ton dan Vesic (1977) 1519,3537 ton, daya dukung tiang kelompok dari hasil metode Reese & Wright (1977) 1872,9695 ton dan Vesic (1977) 5204,5458 ton. Sedangkan hasil titik bor BH. 02 (A1) pada abutmen 2 berdasarkan data SPT didapatkan daya dukung tiang tunggal metode Reese & Wright (1977) 602,4852 ton dan Vesic (1977) 1584,6657 ton, daya dukung tiang kelompok dari hasil metode Reese & Wright (1977) 2063,8131 ton dan Vesic (1977) 5428,2720 ton. Hasil penurunan tiang tunggal dan tiang kelompok pondasi tiang bor jembatan Kiambang – A KM. 45+200 titik bor BH. 01 (B1) pada abutmen 1 dengan rumus Vesic (1977) didapatkan dari hasil metode Reese & Wright (1977) didapatkan 0,0598 m dan 0,13 m, dari hasil metode Vesic (1977) didapatkan 0,0637 m dan 0,15 m. Sedangkan hasil penurunan tiang tunggal dan tiang kelompok titik BH. 02 (A1) pada abutmen 2 dengan rumus Vesic (1977) maka dapat didapatkan dari hasil metode Reese & Wright (1977) didapatkan 0,0621 m dan 0,14 m, dari hasil metode Vesic (1977) didapatkan 0,0713 m dan 0,17 m. Hasil daya dukung ultimit tiang (Q_{ult}) bor pada abutmen 1 (B1) dan abutmen 2 (A1) dengan metode Reese & Wright (1977) didapatkan sebesar 546,7725 ton dan 602,4852 ton, dan metode Vesic (1977) didapatkan sebesar 1519,3537 ton dan 1584,6657 ton. Sedangkan hasil daya dukung ultimit tiang (Q_{ult}) dari uji tes PDA dan analisis CAPWAP memiliki hasil yaitu 457 ton dan 459 ton pada abutmen 1 (B1) dan 438 ton dan 440 ton pada abutmen 2 (A1). Maka berdasarkan hasil dari perhitungan manual didapatkan, perhitungan dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977) memiliki nilai yang mendekati hasil uji

tes PDA dan CAPWAP, sedangkan metode Vesic (1977) lebih tinggi jika dibandingkan dengan uji tes PDA dan CAPWAP. Berdasarkan hasil penurunan tiang tunggal dengan rumus Vesic (1977) mengakibatkan penurunan yang lebih besar jika dibandingkan hasil uji tes PDA yang mempunyai penurunan sebesar 0,0012 m pada abutmen 1 (B1) dan 0,0013 m pada abutmen 2 (A1). Berdasarkan temuan hasil analisis dan simpulan yang telah dijabarkan, penulis memberikan beberapa rekomendasi yaitu dalam melakukan perhitungan daya dukung direkomendasikan memakai metode Reese & Wright (1977), karena hasil daya dukung tiang dengan metode ini mendekati hasil uji tes PDA dan CAPWAP. Diperlukan ketelitian dalam pembacaan data dari hasil pengujian SPT dikarenakan dapat mempengaruhi hasil perhitungan dan untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk meninjau daya dukung lateral yang terjadi pada tiang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S., Rochim, A., & Soedarsono. (2024). Analisis Kapasitas Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Spun Pile. *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, 175–195.
- Dewi, Y. K. (2021). *Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Bor Dengan Variasi Dimensi Menggunakan Metode Reese & Wright (1977), Aoki & Velloso (1975), dan Price & Wardle (1982) Pada Tanah Lempung*. Universitas Islam Indonesia.
- Hakim, M. F. N., & Hadi, M. A. (2023). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Berdasarkan Data N-SPT Diverifikasi dengan Nilai PDA dan CAPWAP. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 3(1), 236–247.
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi I* (4th ed.). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2024). *Analisis dan Perancangan Fondasi II* (6th ed.). Gadjah Mada University Press.
- Hidayat Mz, I., & Marzuko, A. (2018). Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Pondasi Bored Pile Pada Gedung White Hotel Sedan Yogyakarta. 1–10.
- Jali, A., & Wibowo, P. H. (2023). Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Apartemen Monde City. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(1), 10–18.
- Jawat, I. W., Gita, P. P. T., & Dharmayoga, I. M. S. (2020). Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 126–142.
- Khairunnisa, J. (2025). *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan RSUD Kota Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Kurniawan, H. R., & Zayadi, R. (2022). Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Tiang Pancang (Studi Kasus : Pembangunan Infrastruktur Fasilitas Green House). *Jurnal Trisakti*, 1–5.
- Martini, R. S., & Anggraini, N. (2019). Re-Design Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Barak Taruna Bpptd Palembang. *Bearing : Jurnal Penelitian Dan Kajian Teknik Sipil*, 6(1), 38–46.
- Muthmainnah, M. (2021). *Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang*

Dengan Variasi Dimensi. Universitas Islam Indonesia.

- Oemar, F., Utama, T. R., & Wijaksono, P. (2021). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Bore Pile Pada Pembangunan Proyek Fly Over Martadinata Kota Tangerang. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 20(1), 121–133.
- Pasaribu, B., Sarifah, J., & Rifky, A. F. (2021). Analisa Faktor Keamanan Tiang Pancang Pada Pembangunan Dermaga Simanindo Kabupaten Samosir. *Seminar Nasional Teknik UISU*, 4(1), 34–42.
- Riyanda, D., Yunita, H., & Chairullah, B. (2023). Perbandingan Daya Dukung Menggunakan Metode Statis, Dinamis dan Hasil Uji PDA Pondasi Tiang Pancang Jembatan Peureulak. *Journal of The Civil Engineering Student*, 5(1), 78–84.
- Siagian, B. M., & Manurung, B. F. S. (2023). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Gedung SMK Tunas Harapan Bangsa Cianjur. *Repository.Unkris.Ac.Id*, 1–8.
- Siregar, C. A., & Adinda, S. C. (2025). Evaluasi Keutuhan dan Daya Dukung Fondasi Bored Pile dengan Crosshole Sonic Logging (CSL), Pile Integrity Test (PIT) dan Pile Driving Analyzer (PDA) Pada Proyek Fly Over Kopo Bandung. *Seminar Nasional Rekayasa, Sains Dan Teknologi*, 5(1), 70–79.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Susanto, A., Renaningsih, Wiqoyah, Q., & Putra, D. A. A. (2021). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Gedung Kantor Taman Wisata Candi Yogyakarta. *Simposium Nasional RAPI XX*, 55–61.
- Tehuayo, D. R., & Savitri, E. (2021). Analisis Metode Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Wai Namlay Di Provinsi Maluku. *Jurnal ARTESIS*, 1(1), 81–87.
- Wicaksono, S. (2022). *The Effect of Concrete Age on Integrity Testing of Foundations of Bored Pile*. 15–20.
- Yelvi, Gerraldo, T. S., & Hakim, D.A. (2023). Analysis of Foundation Bearing Capacity Using Reese & Wright (1977) and Skempton (1966) Methods. *Jurnal Poli - Teknologi*, 22(2), 47–55.
- Yuliawan, E., & Rahayu, T. (2018). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian Spt Dan Cyclic Load Test. *Jurnal Konstruksia*, 9(2), 1–13.