

ANALISIS KOMPARASI DAYA DUKUNG STEEL PIPE PILE BERDASARKAN DATA SPT DENGAN HASIL PDA TEST PADA PROYEK PEMBANGUNAN DERMAGA PELABUHAN DI SUBANG

Alfin Reza Saputra¹⁾, Aldino Maulana Albar²⁾, Dian Purnamawati Solin³⁾

^{1,2)} Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

³⁾ Dosen Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

E-mail: 21035010113@student.upnjatim.ac.id¹⁾, 21035010086@student.upnjatim.ac.id²⁾, diansolin.ts@upnjatim.ac.id³⁾

ABSTRAK

Pada umumnya bangunan berdiri di atas tanah dan/atau batuan, dimana kedua material tersebut merupakan bahan utama dalam menjaga kestabilan struktur bawah pada bangunan (pondasi). Maka diperlukan analisis daya dukung tanah agar struktur bawah tidak mengalami keruntuhan dan geser yang berlebihan. Penelitian ini membahas tentang analisis daya dukung *steel pipe pile* berdasarkan data SPT dengan hasil PDA test dengan menggunakan rumus perhitungan *Meyerhof (1956)*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi daya dukung *steel pipe pile* pada proyek Pelabuhan di Subang pada pekerjaan pondasi bawah dermaga. Hasil penelitian menunjukkan daya dukung tiang menggunakan data N-SPT metode meyerhoff (1956) mendapatkan hasil pada PT-01 = 1027,10 ton, PT-02 = 1193,82 ton dan PT-03 = 1008,60 ton, menunjukkan pengaruh jenis tanah dan kualifikasi tanah mendapatkan hasil yang berbeda – beda bergantung pada kondisi tanah. Untuk hasil daya dukung tiang menggunakan PDA *test* mendapatkan hasil PT-01 = 1217,96 ton, PT-02 = 1409,83 ton dan PT-03 = 1513,24 ton. Dapat dikatakan bahwa *steel pipe pile* mampu menahan beban lebih banyak daripada hasil perhitungan teoritis. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi tanah yang lebih juat pada saat pengujian.

Keywords: daya dukung tiang, Meyerhof (1956), NSPT , PDA Test

ABSTRACT

In general, buildings stand on soil and/or rock, where both materials are the main components in maintaining the stability of the building's substructure. (pondasi). Therefore, a soil bearing capacity analysis is needed to prevent excessive settlement and lateral movement of the substructure. This research discusses the analysis of the bearing capacity of steel pipe piles based on SPT data with PDA test results using the Meyerhof (1956) calculation formula. The purpose of this study is to evaluate the bearing capacity of steel pipe piles in the Subang Port project for the underwater foundation work of the pier. The research results show the bearing capacity of the piles using N-SPT data with the Meyerhof method (1956) yielding results of PT-01 = 1027.10 tons, PT-02 = 1193.82 tons, and PT-03 = 1008.60 tons, indicating that the type of soil and soil qualification have varying results depending on the soil conditions. For the pile bearing capacity results using the PDA test, the results were PT-01 = 1217.96 tons, PT-02 = 1409.83 tons, and PT-03 = 1513.24 tons. It can be said that the steel pipe pile is capable of bearing more load than the theoretical calculations. This may be due to the soil conditions being more compact during the testing.

Keywords: Bearing capacity of pole, Meyerhof (1956), NSPT, PDA Test

I. PENDAHULUAN

Pada umumnya bangunan berdiri di atas tanah dan/atau batuan. Dimana kedua material tersebut merupakan variable utama dalam menjaga kestabilan struktur bawah bangunan (pondasi) [1]. Maka diperlukan analisis daya dukung tanah agar struktur bawah tidak mengalami penurunan, keruntuhan dan geser yang berlebih. Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Pelabuhan di daerah Subang pada pekerjaan pondasi bawah Dermaga. Pondasi bawah Pelabuhan yang akan dibahas yaitu pondasi SPP (*Steel Pipe Pile*) dengan kedalaman 43 meter dibawah permukaan laut.

Dalam penelitian proyek Pembangunan dermaga pelabuhan, pemilihan jenis pondasi yang tepat sangat penting agar dapat memastikan kekuatan dan keamanan struktur pondasi. *Steel Pipe Pile* adalah sejenis pipa baja yang dirancang khusus agar dapat digunakan sebagai pondasi bawah. *Steel Pipe Pile* dapat mendukung kekuatan tanah dan mencegah pergerakan air. Pondasi ini cocok digunakan pada pondasi dermaga karena pada pekerjaan tersebut membutuhkan kekuatan tambahan dan daya tahan tinggi terhadap tekanan.

Salah satu bagian penting dari proses dan konstruksi dermaga adalah menilai daya dukung *Steel Pipe Pile*. SPT (*Test Penetration Standar*) adalah Teknik yang cukup sering digunakan untuk mengevaluasi daya dukung pondasi, dari pengetesan tersebut dapat memberikan informasi tentang karakteristik tanah berdasarkan nilai N dari hasil pengujian yang dilakukan [2]. Selain itu, kapasitas daya dukung SPP yang dapat berubah ubah selama proses pemancangan dapat diketahui menggunakan metode kalendering. Metode ini memberikan data empiris tentang kemampuan SPP untuk menopang beban dan mengukur responnya terhadap pukulan palu.

Selain itu terdapat juga metode lain yaitu PDA test (*Pile Driving Analyzer*). Dimana penggunaan PDA test telah

meningkat pesat sebagai alat untuk menganalisis daya dukung pondasi. PDA Test dapat memberikan informasi yang lebih akurat secara *real-time* tentang kapasitas dukung pondasi dengan menganalisa gelombang yang dihasilkan selama proses pemancangan [3]. Hasil dari pengujian PDA dapat dibandingkan dengan nilai yang diperoleh dari desain rencana untuk memberikan informasi tentang kemampuan dukung tiang.

Pada pekerjaan pemancangan SPP pondasi bawah dermaga dapat menjadi studi kasus yang relevan untuk mengevaluasi nilai daya dukung. Dengan memahami nilai yang dihasilkan dari pengujian SPT dan PDA lalu di komparasi dengan perhitungan *Meyerhof* (1956). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi menyeluruh terhadap daya dukung SPP pada proyek Pelabuhan di Subang bagian pondasi bawah dermaga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Daya dukung merupakan kemampuan kapasitas dukung tiang dalam menerima beban. Untuk menentukan daya dukung dapat dilakukan dengan cara pengujian teori mekanika tanah dengan mengetahui klasifikasi tanah dengan menggunakan hasil data N-SPT (*Standart Penetration Test*) dan juga dapat menggunakan analisis kapasitas ultimit berdasarkan data lapangan berupa hasil PDA test (*Pile Driving Analyzer*) [4]. Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung dengan menggunakan data N-SPT sebagai berikut :

Metode Meyerhoff (1956)

$$Q_p = 4 \times A_p \times N_p$$

Keterangan :

$$Q_p = \text{Daya dukung ujung tiang (ton)}$$

$$A_p = \text{Luas penampang ujung tiang pancang}$$

$$(\text{ft}^2) (1 \text{ ft} = 30,48 \text{ cm})$$

$$N_p = \text{Nilai N-SPT di sekitar ujung tiang}$$

Nilai N_p yang dihitung dari 8D diatas dasar tiang, 4D di bawah dasar tiang.

Sedangkan untuk perhitungan daya dukung Friksi tiang (Q_s) tahanan selimut tiang menggunakan rumus sebagai berikut :

Tiang Perpindahan kecil

$$Q_s = \frac{A_s \times \bar{N}}{100}$$

Keterangan :

Q_s = Daya dukung friksi tiang (ton)
(ft²) (1 ft = 30,48 cm)

A_s = Luas selimut dinding tiang (ft²)
(1 ft = 30,48 cm)

\bar{N} = Nilai N-SPT rata - rata di sepanjang Tiang

Untuk menentukan daya dukung ultimit tiang (Q_u) sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan :

Q_u = Daya dukung ultimate (ton)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s = Daya dukung friksi tiang (ton)

Untuk mendapatkan kapasitas ijin tiang, maka daya dukung ultimit tiang dibagi dengan faktor keamanan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Keterangan :

Q_{all} = Kapasitas daya dukung yang di ijin (ton)

Q_u = Daya dukung ultimit (ton)

SF = Faktor keamanan (2,5)

Adapun untuk mendapatkan hasil daya dukung berdasarkan data lapangan, dengan melakukan pengujian PDA *test*, dari pengujian PDA dapat mengetahui daya dukung pondasi tiang tunggal, efisiensi tranfer hammer energi ke tiang pancang, dan mengetahui kerusakan tiang pada saat pemancangan. Pada pelaksanaan pengujian PDA *test* mengacu pada ASTM D-4945 (*Standart test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*). Pada saat melakukan PDA *test* dibantu dengan menggunakan *software* CAPWAP, dari hasil tersebut dapat sebagai parameter untuk mendapatkan hasil tahanan ujung pondasi tiang, tahanan friksi pondasi, simulasi statik *loading test* [5].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Pelabuhan di daerah subang pada pekerjaan dermaga. Tiang pancang jenis *sheet pile pipe* dengan spesifikasi:

PT-01, PT-02, PT-03

\emptyset *Steet Pipe Pile* : \emptyset 1000 mm

L *Steet Pipe Pile* : 24 m

Tensile Stregth : 400 MPa

Yield Strength : 235 Mpa

Grade : SKK 400

\emptyset *Steet Pipe Pile* : \emptyset 1000 mm

L *Steet Pipe Pile* : 17 m

Tensile Stregth : 400 Mpa

Yield Strength : 235 Mpa

Grade : SKK 400

Penelitian ini berfokus pada perbandingan daya dukung *Steel pipe pile* desain rencana terhadap data SPT dan hasil pengujian *Pile Dynamic Analyzer* (PDA) *test*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, yaitu dengan menggunakan data hasil uji PDA dan SPT serta perhitungan teoritis. Untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah terhadap *Steel pipe pile*.

Tahap awal dari penelitian ini yaitu studi literatur, identifikasi dan perumusan masalah, serta pengumpulan data hasil SPT dan *Pile Dynamic Analyzer* (PDA).

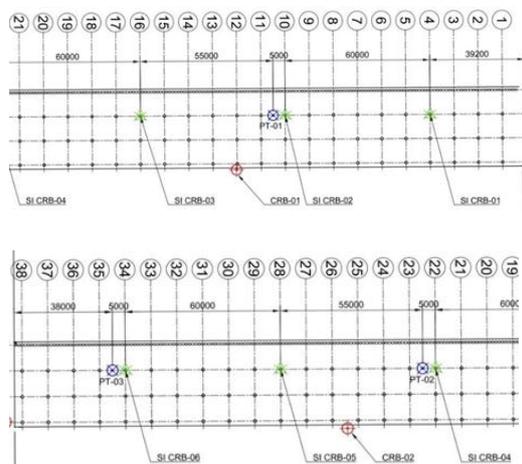
Tahap kedua mencakup perhitungan daya dukung izin dari data SPT menggunakan metode metode Meyerhoff (1956).

Pada tahap ketiga adalah menganalisis nilai daya dukung yang diperoleh dari daya dukung rencana, hasil *Pile Dynamic Analyzer* (PDA), hail SPT dan hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhof untuk mengidentifikasi perbedaan dan kesenjangan antara keduanya. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi ketepatan dan efektifitas

masing-masing metode dalam menghitung kapasitas daya dukung SPP, berdasarkan hasil perhitungan Meyerhof dan hasil uji SPT serta PDA *test*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian SPT dilakukan sebanyak 6 titik sesuai dengan ditunjukkan pada gambar 4 dan untuk pengujian PDA sebanyak 3 titik. Untuk data N-SPT yang digunakan untuk perhitungan daya dukung menggunakan metode meyerhoff dari yang terdekat dengan test pile/hasil pengujian PDA.



Gambar 4. 1 Titik Pengujian SPT dan pengujian PDA
(Sumber : Dokumen proyek Pelabuhan)

Berdasarkan hasil pengujian tanah pada titik BH-02, BH-04 dan BH-06 dengan menggunakan metode SPT, sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data Hasil Bor BH-02

Titik	Depth (M)	Type Of Soil	N-SPT	Relative Density	
BH-02	4,15	Clay	2	Soft	
	5,65		3	Soft	
	7,15		2	Soft	
	10,15		3	Soft	
	11,15		7	Soft	
	13,45		8	Medium Stiff	
	14,95		7	Medium Stiff	
	16,45		8	Medium Stiff	
	17,95		Silt	7	Medium Stiff
	19,45		Clay	14	stiff
	20,95	14		stiff	
	22,45	18		stiff	
	23,95	13		Very Stiff	
	25,45	Silt	13	Stiff	

BH-02	26,45	Clay	13	Stiff
	28,45		14	Stiff
	29,95		14	Stiff
	31,45		15	Stiff
	32,95	Silt	22	Very Stiff
	34,45		31	Very Stiff
	35,95	Sandy Silt	20	Hard
	37,45	Silt	25	Very Stiff
	38,95		30	Very Stiff
	40,45		32	Hard
	41,45	Clay	14	Hard
	43		18	Hard

Tabel 4. 2 Data Hasil Bor BH-04

Titik	Depth (M)	Type Of Soil	N-SPT	Relative Density
BH-04	5,95	Clay	6	Medium Stiff
	7,45		3	soft
	10,45		4	soft
	11,45	Sandy Silt	6	Medium Stiff
	12,45	Clay	14	Stiff
	14,95		7	Medium Stiff
	16,45		20	Very Stiff
	17,95		Silty Sand	46
	19,45	Clay	15	stiff
	20,95		14	stiff
	22,45		11	stiff
	23,95		13	stiff
	25,45		9	stiff
	26,45		13	stiff
	28,45		14	stiff
	30,45		24	Very Stiff
	31,45		19	Very Stiff
	32,95		19	Very Stiff
	34,45	17	Very Stiff	
	35,95	18	Very Stiff	
	37,45	Sandy Clay	31	Hard
	38,95	Silty sand	45	Dense
	40,45	Sandy Silt	33	Very Stiff
	41,45		21	Very Stiff
43	24	Very Stiff		

Tabel 4. 3 Data Hasil Bor BH-06

Titik	Depth (M)	Type Of Soil	N-SPT	Relative Density
BH-06	7,45	Clay	4	Very Soft
	10,45		5	Medium Stiff
	11,45		9	Medium Stiff
	13,45	Clay	14	Stiff
	14,95		11	Stiff
	16,45		11	Dense
	17,95		43	Dense
	19,45	Silty Sand	21	Medium dense
	20,95	Clay	15	Very Stiff
	22,45		17	Very Stiff
	23,95		14	Very Stiff
	25,45		12	stiff
	26,45		11	stiff
	28,45		15	Very Stiff

BH-06	29,95	Silty Sand	23	Medium dense
	31,45	Clay	20	Very Stiff
	32,95		40	Very Stiff
	34,45		21	Hard
	35,95		21	Very Stiff
	37,45		20	Very Stiff
	38,95	Silt	30	Very Stiff
	40,45		40	Hard
	41,45		20	Hard
	43		20	Very Stiff

Berdasarkan hasil uji pengujian SPT pada ke 3 titik tersebut, di dominasi

dengan kondisi tanah lempung pada kedalaman 0 sampai 43 meter. Dari hasil N-SPT cenderung naik turun dapat menandakan kondisi tanah tersebut lunak dengan lapisan tanah keras. Daya dukung pondasi dengan diameter 1 m dengan panjang 43 meter dapat dihitung dengan metode meyerhoff (1956) dengan faktor keaman 2,5 sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Nilai daya dukung metode meyerhoff (1956)

No. Pile	Titik Bor	Daya dukung Ujung (QP) (Ton)	Daya dukung Selimut (QS) (Ton)	Daya dukung Ultimit (Qu) (Ton)	Daya dukung yang diijinkan (Qall) (Ton)
PT-01	BH-02	822,013	205,092	1027,106	410,842
PT-02	BH-04	934,618	259,210	1193,828	477,531
PT-03	BH-06	731,930	276,670	1008,600	403,440

Hasil daya dukung tiang berdasarkan hasil PDA test.

Untuk hasil daya dukung tiang dengan menggunakan pengujian PDA dan juga menggunakan hasil koreksi menggunakan CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) pada saat *restrike* 14 hari setelah proses *test pile* dilakukan, dapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 5 hasil PDA test dengan analisis CAPWAP

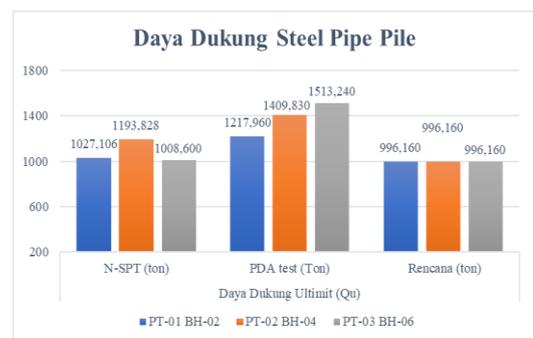
No. Pile	Daya dukung Ujung (QP) (Ton)
PT-01	1217,96
PT-02	1409,83
PT-03	1513,24

Komparasi Daya Dukung Tiang berdasarkan data N-SPT, PDA Test, dan Rencana.

Berdasarkan hasil komparasi pengujian pada masing – masing titik yang telah dilaksanakan berdasarkan nilai N-SPT, PDA test dan data rencana, maka hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Daya dukung berdasarkan N-SPT, PDA test dan Rencana

No. Pile	Titik Bor	Daya Dukung Ultimit (Qu)		
		N-SPT (ton)	PDA test (Ton)	Rencana (ton)
PT-01	BH-02	1027,106	1217,960	996,160
PT-02	BH-04	1193,828	1409,830	996,160
PT-03	BH-06	1008,600	1513,240	996,160



Gambar 4. 2 Perbandingan Daya dukung Ultimit berdasarkan N-SPT, PDA test dan Rencana

Berdasarkan hasil perbandingan daya dukung ultimate tiang (Qu) berdasarkan N-SPT dan PDA test menunjukkan bahwa hasil perhitungan dengan metode meyerhoff (1956) bergantung pada sifat tanah yang di ukur pada pengujian SPT, Adapun dari hasil PDA test menunjukkan

kapasitas daya dukung yang *realtime* yang dapat dicapai oleh tiang pada saat dilapangan.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan daya dukung tiang menggunakan data N-SPT metode meyerhoff (1956) mendapatkan hasil pada PT-01 = 1027,10 ton, PT-02 = 1193,82 ton dan PT-03 = 1008,60 ton, menunjukkan pengaruh jenis tanah dan kualifikasi tanah mendapatkan hasil yang berbeda – beda bergantung pada kondisi tanah. Untuk hasil daya dukung tiang menggunakan PDA *test* mendapatkan hasil PT-01 = 1217,96 ton, PT-02 = 1409,83 ton dan PT-03 = 1513,24 ton. Adapun untuk hasil perbandingan daya dukung SPP (*Steel Pipe Pile*) berdasarkan PDA *test* dan daya dukung ultimit perencanaan menunjukkan hasil yang lebih besar.

Dengan hal tersebut bahwa pentingnya mempertimbangkan berbagai metode evaluasi daya dukung tiang untuk mendapatkan hasil yang lebih detail. Untuk hasil PDA *test* dapat memberikan hasil yang cepat dan *realtime* terlebih untuk daya dukung pondasi dalam.

Komparasi dari hasil daya dukung ultimit menggunakan SPT dan PDA *test* menunjukkan bahwa nilai daya dukung ultimit tiang menggunakan PDA *test* lebih besar dibanding dengan hasil daya dukung ultimit dengan menggunakan N-SPT. Bisa diasumsikan bahwa tiang atau SPP (*Steel Pipe Pile*) mampu menahan lebih banyak beban dari pada hasil perhitungan teoritis. Hal ini bisa disebabkan karena kondisi tanah yang lebih kuat pada saat pengujian.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Puspita, R. I. Sophian, and I. Haryanto, “Daya Dukung Pondasi Dalam Pada Tanah Lapukan Formasi Citalang Berdasarkan N-Spt,” *Padjadjaran Geosci. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 780–785, 2022.
- [2] R. A. Safitri, A. Almufid, and F. I. Rusdiyanto3, “Analisa Daya Dukung

Tiang Pondasi Dengan Menggunakan Metode Dinamik,” *Struct. (Jurnal Sipil)*, vol. 1, no. 1, p. 24, 2019, doi: 10.31000/civil.v1i1.6806.

- [3] J. Junaidi, S. Supriyadi, N. Larasati, and ..., “KAJIAN DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA N-SPT, DATA RENCANA DAN PDA TEST (Studi Kasus: Pembangunan Jalan Tol ...,” *Bangun ...*, vol. 10, pp. 66–76, 2024, [Online]. Available: https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/view/5491
- [4] T. Alfazri and G. Hidayat, “ANALYSIS AND COMPARISON OF PILE BEARING CAPACITY BASED ON N-SPT , DYNAMIC METHOD , AND PILE DRIVING ANALYZER (PDA) IN MATARAMAN – SEI ULIN BRIDGE CONSTRUCTION PROJECT (MALI-MALI BRIDGE),” vol. 7, no. 7, pp. 330–340, 2023.
- [5] muhammad ardi ramadhan, Galij aji, “ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH PONDASI TIANG PANCANG BERDASARKAN UJI SPT DI IBU KOTA NEGARA (IKN), KALIMANTAN TIMUR, INDONESIA,” *Padjadjaran Geosci. J.*, vol. 13, no. 1, pp. 1566–1575, 2023.