

PERHITUNGAN PONDASI TIANG PANCANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIS DAN DINAMIS

Oleh:

Johan Oberlyn Simanjuntak ¹⁾

Eben Oktavianus Zai ²⁾

Surta Ria Nurliana Panjaitan ³⁾

Kevin Yeremia Sitorus ⁴⁾

Universitas HKBP Nommensen Medan ^{1,2,3,4)}

E-mail:

oberlyn.ms4@yahoo.co.id ¹⁾

eben.zai@uhn.ac.id ²⁾

surta.panjaitan@gmail.com ³⁾

kevin.sitorus@student.uhn.ac.id ⁴⁾

ABSTRACT

Sub-building construction is a foundation that functions to transmit the building load from above to the subgrade soil. The data needed in this study include Sondir data, N-SPT, and the final set. These three data are needed to calculate the real bearing capacity mobilized on the planned foundation. For the construction of the Sigapiton Port, the bearing capacity calculation on the foundation is identified using the Pile Driving Analyzer (PDA) test. The development of methods is increasing rapidly along with the development of electromagnetic and computer technology, and has been officially recognized in international test standards such as ASTM. This study aims to determine the bearing capacity of piles using static and dynamic methods with a comparison of the test results with axial loading Pile Driving Analyzer (PDA). This research produces secondary data to obtain the carrying capacity value by PDA testing, and field piling data. Work data used during piling to obtain the bearing capacity of the foundation with Static and Dynamic methods. The results of the analysis of the single pile Static carrying capacity obtained based on sondir data (point S-03) with the de Ruiter method obtained $Q_u = 175$ tons and Meyerhof (1983) obtained $Q_u = 176$ tons, and based on SPT data (point BH-03) with the Meyerhof method (1956) obtained $Q_u = 275$ tons and the Luciano Decourt method obtained $Q_u = 275.8$ tons. The results of the dynamic carrying capacity based on the ENR calendaring method obtained $Q_u = 353.5$ tons and the Eytelwein method obtained $Q_u = 286$ tons, and based on the PDA results obtained $Q_u = 323$ tons.

Keywords: *Foundation, Pole, Bearing Capacity, SPT, PDA Test*

ABSTRAK

Konstruksi bangunan bawah merupakan pondasi yang berfungsi meneruskan beban bangunan dari atas ke tanah dasar. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini seperti data Sondir, N-SPT, dan *Final set*. Ketiga data tersebut diperlukan untuk menghitung kapasitas daya dukung nyata yang termobilisasi pada pondasi yang direncanakan. Pembangunan Pelabuhan Sigapiton, perhitungan daya dukung pada pondasi diidentifikasi dengan menggunakan pengujian *Pile Driving Analyzer (PDA)*. Perkembangan metode yang semakin pesat seiring berkembangnya teknologi elektromagnetik dan komputer, dan sudah diakui secara resmi dalam standar uji internasional seperti ASTM. Penelitian ini bertujuan mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang dengan menggunakan metode Statis dan dinamis dengan perbandingan hasil pengujian dengan pembebanan aksial *Pile Driving Analyzer (PDA)*. Penelitian ini menghasilkan data sekunder untuk mendapatkan nilai daya dukung dengan pengujian PDA, dan data pemancangan di lapangan. Data pekerjaan yang dipakai saat pemancangan untuk mendapatkan hasil daya dukung pondasi dengan metode Statis dan Dinamis. Hasil analisa kapasitas daya dukung Statis

tiang pancang tunggal yang diperoleh berdasarkan data sondir (titik S-03) dengan metode *de Ruiter* didapat $Q_u = 175$ ton dan *Meyerhof (1983)* didapat $Q_u = 176$ ton, dan berdasarkan data SPT (titik BH-03) dengan metode *Meyerhof (1956)* didapat $Q_u = 275$ Ton dan dengan metode *Luciano Decourt* didapat $Q_u = 275,8$ ton. Hasil kapasitas daya dukung Dinamis berdasarkan kalendering metode *ENR* didapat $Q_u = 353,5$ ton dan metode *Eytelwein* didapat $Q_u = 286$ ton, dan berdasarkan hasil PDA didapat $Q_u = 323$ Ton.

Kata Kunci: Pondasi tiang pancang, Daya dukung, SPT, PDA Test

1. PENDAHULUAN

Bagian utama terpenting pada konstruksi bangunan adalah pondasi yang merupakan struktur konstruksi paling bawah yang memikul semua beban yang ada di atasnya dan kemudian menyalurkannya ke tanah. Pelabuhan Sigapiton menggunakan struktur pondasi yaitu pondasi tiang pancang. Penentuan dari jenis pondasi disesuaikan dengan kedalaman tanah yang terletak di lokasi pembangunan dengan kedalaman 9 meter di bawah permukaan tanah. (menurut Sosrodarsono dan Nakazawa, 1990).

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data lapangan yang didukung dengan data hasil pengujian pembebanan aksial pada tiang setelah pemancangan. Pengujian pembebanan dilaksanakan untuk memeriksa kapasitas daya dukung nyata yang dapat menghubungkan daya dukung pondasi yang direncanakan serta mendapatkan gambaran dan tingkat penurunan yang terjadi apakah masih sesuai dengan batas-batas yang diizinkan. Pembangunan pondasi pelabuhan Sigapiton dilakukan dengan pembebanan aksial pada pondasi tiang setelah pemancangan dilakukan dengan menggunakan *Pile Driving Analyzer (PDA)*.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung pondasi dengan metode dinamis tiang pancang yang ditinjau dan hasil pengujian pembebanan pondasi tiang dengan menggunakan *Pile Driving Analyzer (PDA)* yang telah dilaksanakan sebelumnya pada pembangunan pelabuhan Sigapiton. Dasar teori metode dinamis yang dipakai pada penelitian ini adalah metode *Engineering New Record (ENR)* dan *Eytelwein*, kemudian metode Statis yang dipakai adalah metode *Meyerhof*, *de Ruiter*, dan *Luciano Decourt*. Kedua teori tersebut akan dibandingkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Standart penetration test (SPT) digunakan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah secara langsung, dengan memasukkan tabung sampel sedalam 450 mm dengan menggunakan massa pendorong (palu) seberat 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm (SNI 4153-2008).

$$N_{60} = \frac{E_r}{60} N_M$$

dimana :

$$N_{60} = \text{Efisiensi } 60\%$$

R_r = Efisiensi yang diukur

N_M = Nilai terukur yang diperiksa

Metode Meyerhof (1983), digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tiang pada tanah pasir.

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

dimana :

Q_u = kapasitas dukung ultimit neto (kN)

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = tahanan gesek ultimit (kN)

W_p = berat sendiri tiang (kN)

Metode de Ruiter dan Beringen digunakan untuk perhitungan tahanan geseknya adalah

$$f_s = \alpha c_u = \alpha \left(\frac{c_u}{N_k} \right) = 0,05 \alpha q_c$$

Perhitungan untuk tahanan ujung adalah

$$f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2$$

dimana :

f = tahanan gesek/ujung (kg/cm²)

c_u = kohesi tak terdrainase (undrained)

α = faktor adhesi

N_k = koefisien tak berdimensi

ω = koef korelasi

q = tahanan gesek/ujung (kg/cm²)

Metode Meyerhof (1956) digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah. Metode Meyerhof menggunakan data SPT.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

dimana :

Q_u = kapasitas dukung ultimit neto (kN)

Q_p = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = tahanan gesek ultimit (kN)

Metode Luciano Decourt (1982), digunakan untuk menghitung faktor korelasi yang tergantung dari jenis tanah yang akan digunakan.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$W_p = (1/4\pi d^2) \times L$$

dimana :

W_p = volume tiang (m³)

d = diameter tiang (m)

L = panjang tiang (m)

Metode Engineering New Record (ENR), digunakan untuk menghitung energi yang digunakan sama dengan tahanan tiang waktu pemancangan (*driving resistance*) dikalikan dengan perpindahan tiang.

$$Q_u = \frac{e_h \cdot W \cdot H}{S + C} \cdot \frac{W + (n^2 P)}{W + P}$$

Dimana :

Q_u = kapasitas daya dukung ultimit (ton)

e_h = efisiensi pemukul

n = koefisien restitusi

H = tinggi jatuh hammer (mm)

s = *final set* penetrasi per sepuluh pukulan terakhir (mm)

W = berat pemukul (ton)

P = berat tiang pancang (ton).

Metode Eytelwein merupakan metode penentuan daya dukung tiang pancang dinamis.

$$Q_u = \frac{2 \cdot \alpha \cdot W \cdot H}{S + C \cdot \left(\frac{P}{W} \right)}$$

dimana :

Q_u = kapasitas daya dukung ultimit (ton)

α = efisiensi alat/ hammer

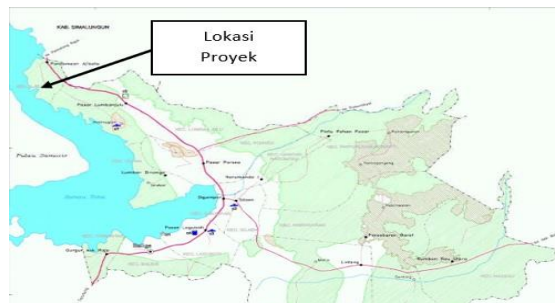
- W = berat pemukul (ton)
- H = tinggi jatuh hammer (m)
- S = penetrasi pukulan terakhir (mm)
- C = konstanta *temporary elastic campression*
- P = berat tiang pancang (ton).

Prinsip dasar Metode *Pile Driving Analyzer* (PDA) adalah teori gelombang satu dimensi yang dirambatkan dalam pondasi tiang yang sedang dipancangkan dan diinterpretasikan sebagai tinggi rendah daya

dukung tiang. Alat pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) dapat merekam gelombang akibat tumbukan maupun gelombang reaksi akibat perlawanan lapisan tanah.

3. METODE PENELITIAN

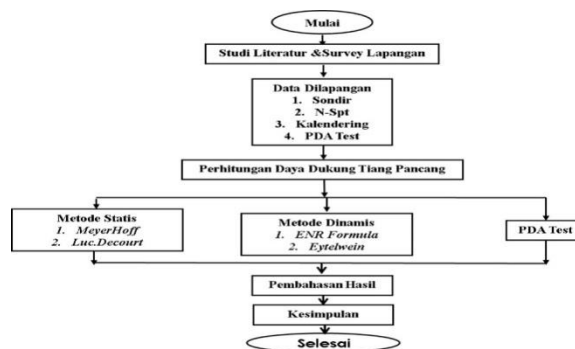
Lokasi penelitian pembangunan pelabuhan Sigapiton, terletak 9.1 Km dari Lumban Julu, berada dipinggir Danau Toba, Desa Sigapiton, Kabupaten Toba, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapat langsung dari pengamatan di lokasi penelitian, yang meliputi berat hammer, tinggi jatuh hammer,

dan nilai penetrasi saat pemancangan. Data sekunder yang dibutuhkan yaitu data Sondir, SPT dan data hasil pengujian dinamis tiang pancang dengan menggunakan alat *Pile Driving Analyzer* (PDA).



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Daya dukung tiang pancang Statis perlu data - data seperti data SPT, diameter tiang yang digunakan, Panjang tiang. Data daya dukung tiang pancang Dinamis yaitu berat

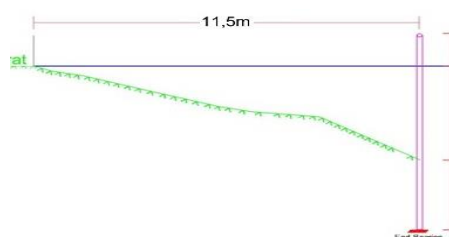
beban *hammer* 4,3-ton diameter Ø40,6 cm, tiang pancang yang digunakan jenis *steel pipe* pile 900 cm, pada titik tiang no. 82 dan 97.

Perhitungan daya dukung statis dihitung dengan metode Meyerhof (1983), de Ruiterdan Beringen, Meyerhof (1956), dan Luciano Decourt (1982) dengan menggunakan data Standart penetration test (SPT). Sedangkan daya dukung dinamis digunakan dengan Metode Engineering New Record (ENR),

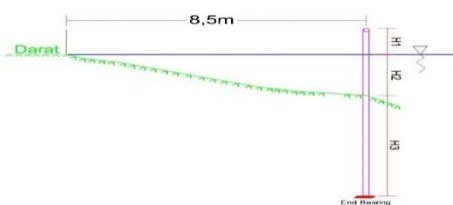
Metode Eytelwein, dan Pile Driving Analyzer (PDA).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) pada tiang P-82 diperoleh nilai daya dukung tiang 229 ton dan tiang P-97 diperoleh nilai daya dukung tiang 323 ton.



Gambar 3. Potongan Memanjang Tiang 82
(Sumber : Dokumen Perusahaan, 2021)



Gambar 4. Potongan Memanjang Tiang 97
(Sumber : Dokumen Perusahaan, 2021)

Tabel 1. Data Panjang Tiang Pancang

Tiang Pancang	H1 (m)	H2 (m)	H3 (m)	Htotal (m)
P82	1,2	4,5	18,43	22,93
P97	1,2	2	24,83	26,04

(Sumber : Pengamatan lapangan, 2022)

Perhitungan Daya Dukung de Ruiterdan Beringen

- Tahan selimut (Q_s)

$$f_s = \alpha \times c_u = 1 \times 2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{s1} = A_s \times f_s = 1,28 \times 2 \times 2 = 5,12 \text{ kN}$$

$$Q_{s2} = 1,41 \times 2 \times (0,12 \times 98,1) + 1,41 \times 1,5 \times (0,33 \times 98,1) = 102 \text{ kN}$$

$$Q_s = Q_{s1} + Q_{s2} = 5,1 + 102 = 107 \text{ kN}$$

- Tahan ujung (Q_b)

$$q_{ca} = (qc1 + qc2)/2 = (130+130)/2 = 130 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_u = Q_s + Q_b - W_p = 102 + 1645 - 34,23 = 1713 \text{ kN}$$

Perhitungan Daya Dukung Meyerhof (1983)

- Berdasarkan data CPT

Daya Dukung Ujung (Q_b)

$$fb = w1 \times w2 \times q_{ca} = 1 \times 1 \times 130 = 130 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,406^2 = 0,129 \text{ m}^2$$

$$Q_b = Ab \times fb = 0,129 \times 12749 = \underline{1645 \text{ kN}}$$

Daya Dukung gesek (Q_s)

$$Q_s = \sum A_s \times f_s = \sum \pi \times d \times L \times f_s$$

$$Q = 23 + 22 + 69 = 114 \text{ kN}$$

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = 1645 + 114 - 34,23 = 1725 \text{ kN}$$

- Berdasarkan data SPT

Daya Dukung Ujung (Qb)

$$Q_p = 40 \times N_p \times A_p = 40 \times 50 \times 0,129 = 258 \text{ ton}$$

Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

$$Q_s = 0,2 \times N \times A_s = 0,2 \times 32,17 \times 2,58 = 17 \text{ ton}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s = 275 \text{ ton}$$

Perhitungan Daya Dukung L. Decourt

Hasil perhitungan daya dukung ujung (Qp)

$$Q_p = N'_p \times K \times A_p$$

$$= 40,8 \times 40 \times 0,129$$

$$= 210,53 \text{ tons}$$

Daya Dukung Selimut (Qs)

$$Q_s = \sum q_s \times A_s = 51 \times 1,28 = 65,3 \text{ tons}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s = 275,8 \text{ T}$$

Perhitungan Daya Dukung ENR Formula

$$Q_{u_{p82}} = \frac{0,85 \times 4,3 \times 270}{(0,9+1,8)} \times \frac{(4,3+0,32^2 \times 1,05)}{(4,3+1,05)} = 301,1 \text{ T}$$

$$Q_{u_{p97}} = \frac{0,85 \times 4,3 \times 270}{(0,8+1,7)} \times \frac{(4,3+0,32^2 \times 1,05)}{(4,3+1,05)} = 325,2 \text{ T}$$

Perhitungan Daya Dukung Eytelwein

$$Q_{u_{p82}} = \frac{2 \times 0,85 \times 4,3 \times 270}{0,9+25,4 \left(\frac{1,05}{4,3}\right)} = 279 \text{ ton}$$

$$Q_{u_{p97}} = \frac{2 \times 0,85 \times 4,3 \times 270}{0,8+25,4 \left(\frac{1,05}{4,3}\right)} = 282 \text{ ton}$$

Tabel 2. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang statis terhadap hasil CPT (Sondir)

Metode Titik	Daya Dukung (Ton)			
	Wp (ton)	Ujung (Qb)	Selimut (Qs)	Ultimit (Qu)
Metode deRuiter	3,49	167,74	10,4	175
Metode Meyerhoff (1983)	3,49	167,7	11,6	176

Tabel 3. Hasil perhitubgab daya dukung tiang pancang Statis terhadap hasil SPT

Metode Titik	Daya Dukung (Ton)		
	Ujung (Qb)	Selimut (Qs)	Ultimit (Qu)
Metode Meyerhoff (1956)	258	17	275
L. Decourt	210,5	165,3	275,8

Tabel 4. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang Dinamis terhadap hasil kalendering

Titik Tiang	Daya Dukung Qu (Ton)	
	ENR	Eytelwein
P82	301,1	279
P97	325,2	282

Tabel 5. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang Dinamis terhadap hasil pengujian PDA

Titik Tiang	Kapasitas daya dukung Qu (Ton)
P82	229
P97	323

5. SIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Perhitungan dengan menggunakan metode statis dan dinamis serta hasil uji PDA, daya dukung terkecil diperoleh dengan menggunakan metode deRuitter dari data sondir pada metode statis. Nilai daya dukung terbesar didapatkan dengan menggunakan metode ENR dari data kalendering pada metode dinamis.
2. Hasil dan pembahasan mendekati hasil uji PDA dengan $Q_u = 323$ ton yaitu rumus ENR dengan $Q_u = 325,2$ ton.

6. DAFTAR PUSTAKA

Dewi, K. Lukman, H. Nugraha,W,T, “Perbandingan Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan metode L. Decourt dan Software Plaxis Dengan Pile Driving Analyzer Test Pada Pembangunan Apartemen La

Montana Bogor”, Jurnal Teknik Sipil Universitas Pakuan

Gitarini, Y. (2007), “Analisis Perencanaan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Eytelwein, ENR Yang Dibandingkan Dengan Hasil PDA Pada Pembangunan Gedung Swiss Bell”, Tugas Akhir, Universitas Ayiah Kuala, Banda Aceh.

Hardiyatmo,H.C. (2020), “Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi 5”, Buku Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo,H.C. (2019), “ Mekanika Tanah I Edisi 7”, Buku Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo,H.C. (2018), “Mekanika Tanah II Edisi 6”, Buku Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Jamin,M. (2015), “Pondasi Tiang Tunggal”, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.