

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG PADA RUMAH SAKIT MURNI TEGUH MEDAN

Naurah Aisyah Dewi Harahap¹, Miranda², Syiril Erwin³

Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
naurahaisyahdewi@students.polmed.ac.id¹, miranda@students.polmed.ac.id²,
syirilerwin@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Perencanaan suatu bangunan konstruksi dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Salah satu contoh struktur yang termasuk ke dalam struktur bawah adalah pondasi. Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui nilai daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dan tiang kelompok yang terpasang berdasarkan data pengujian SPT dan data Laboratorium serta membandingkan dengan hasil lapangan (PDA). Metode perhitungan daya dukung tiang tunggal pondasi tiang pancang dengan data SPT yaitu menggunakan metode Mayerhoff (1976) dan perhitungan dengan data laboratorium menggunakan metode alpha. Hasil dari perhitungan menggunakan metode di atas akan dibandingkan dengan data hasil PDA test. Hasil perhitungan perbandingan daya dukung tiang tunggal pondasi tiang pancang menggunakan data SPT pada titik BH-1 sebesar 94,46 Ton dan titik BH-2 sebesar 172,37 Ton. Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal pondasi pada titik BH-1 sebesar 17,18 Ton dan BH-2 sebesar 70,84 Ton lalu dibandingkan dengan pengujian PDA dengan hasil daya dukung ultimate PDA (RMX) = 164,3 ton. Hasil perhitungan daya dukung tiang kelompok pada BH-1 adalah sebesar 436,405 Ton dan titik BH-2 sebesar 796,349 Ton. Hasil perhitungan penurunan pada titik BH-1 adalah sebesar 77,37 mm dan titik BH-2 sebesar 238,86 mm lalu dibandingkan dengan hasil penurunan pengujian PDA sebesar 15,38 mm.

Kata Kunci : Daya Dukung Tiang Tunggal, Tiang Kelompok, Penurunan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar bangunan (sub-structure) yang berfungsi menurunkan beban dari bagian atas bangunan (upper-structure) ke lapisan tanah yang berada di bagian bawah tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan (settlement) tanah/pondasi yang berlebihan. Rumah sakit merupakan bagian penting dari suatu organisasi sosial dan kesehatan dengan fungsi menyediakan pelayanan, penyembuhan penyakit dan pencegahan penyakit kepada Masyarakat. Kebutuhan bangunan yang berbeda-beda mengakibatkan perlu adanya analisis yang baik terhadap tanah dan pondasi yang menopang bangunan. Salah satu parameter penting dalam proses perencanaan suatu elemen pondasi adalah daya dukung tanah, serta lokasi kedalaman tanah keras. Dengan diketahuinya besar daya dukung tanah maka dapat dihitung besar kapasitas pondasi yang akan dipilih. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka dilakukan penyelidikan tanah yang akurat juga. Penyelidikan daya dukung ini dengan menggunakan data Standart Penetration Test (SPT). Daya dukung tanah bertujuan untuk mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat, maka harus diketahui sifat dan karakteristik tanah.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana perhitungan daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok berdasarkan data SPT?
2. Bagaimana perhitungan daya dukung tiang tunggal berdasarkan data Laboratorium?
3. Bagaimana membandingkan daya dukung tiang pancang dan penurunan pondasi yang dihitung berdasarkan hasil perhitungan SPT dan Laboratorium dengan daya dukung dari pengujian PDA?

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai daya dukung pondasi tiang tunggal, tiang kelompok, dan penurunan pada tiang pancang yang terpasang berdasarkan data pengujian SPT dan membandingkan dengan hasil lapangan (PDA) ;
2. Untuk mengetahui nilai daya dukung pondasi tiang pancang yang terpasang berdasarkan data laboratorium dan membandingkan dengan hasil lapangan (PDA).

TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi merupakan struktur yang memikul seluruh beban pada bangunan, sehingga harus direncanakan secara matang. Pondasi tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas ijin, oleh karena itu diperlukan perencanaan yang matang dan teliti dalam menghitung dan memilih tipe pondasi yang digunakan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi dengan tumpuan pondasi. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

Standard Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) merupakan metode pengujian tanah yang dilakukan melalui cara penumbukan untuk mengetahui perlawanan dinamik. Singkatnya, Standard Penetration Test (SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh tergantung dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Hasil uji SPT sangat bergantung pada tipe alat yang akan digunakan dan pengalaman operator yang melakukan pengujian. Satu hal yang penting untuk memperoleh data adalah dengan memperhatikan efisiensi dan energi dari sistem. Untuk nilai koreksi N-SPT, untuk nilai rasio energy standart Erb (Riggs, 1986) menggunakan nilai 70 karena data yang baru menggunakan peralatan pengeboran tiang bor (Bowles, 1997).

Berikut adalah jumlah pukulan standar N70 dapat dihitung dari N terukur sebagai berikut:

$$N'_{70} = CN \times N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

Dimana, untuk faktor reduksi η_1 , dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Negara	Gedam untuk η_1				Catatan
	Rasio energi rata-rata E_r				
	Dohat		Pemutus		
R-P	Pemutus	R-P	Pemutus/Oto		
AS/Amerika	43	-	70-80	80-100	R-P = Kabel-pati atau kabel-drum $\eta_1 = E_r/E_{rB}$ Untuk pemutus/oto $W/E_r = 80$ $\eta_1 = 80/70 = 1,14$
Utara	67	78	-	-	
Jepang	-	-	50	60	
Inggris	-	-	-	-	
Cina	50	60	-	-	
Koreksi panjang batang η_2					
Panjang				η_2	N terlalu tinggi untuk $L < 10$ m.
> 10 m				= 1,00	
6 - 10 m				= 0,95	
4 - 6 m				= 0,85	
0 - 4 m				= 0,75	
Koreksi pemecahan η_3					
Tanpa pelapis				$\eta_3 = 1,00$	Nilai dasar N terlalu tinggi memakai pelapis
Memakai pelapis: Pasir rapat, lumpur				= 0,80	
Pasir longgar				= 0,90	
Koreksi diameter lubang bor η_4					
Diameter lubang: \pm 60 - 120 mm				$\eta_4 = 1,00$	Nilai dasar; N terlalu kecil pada waktu memakai lubang yang berukuran-lebih
150 mm				= 1,05	
200 mm				= 1,15	

† Data diintegrasikan dari Riggs (1986), Skempton (1986), Schmertmann (1978a) dan Seed dan kawan-kawan (1985).

‡ $\eta_4 = 1,00$ untuk semua diameter bor-tanah bertangkai-bolong, kalau SPT diambil lewat tangkai.

Gambar 1. Data Disintesis dari Riggs (1986, Skempton, Schmertman (1978), dan Seed et al (1985)

Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Data N-SPT

Metode Mayerhof (1956)

Korelasi daya dukung tiang dengan hasil uji SPT yang diusulkan oleh Mayerhof berdasarkan penyelidikan yang dilakukan pada pondasi tiang pancang yang tertanam pada tanah lempung berpasir halus.

Daya dukung Tiang Pancang

$$P_{pu} = A_p \times (40 \times N) \times \frac{L_b}{B} \quad (1)$$

Dimana :

P_{pu} = Kapasitas titik akhir

A_p = Luas Penampang Tiang (m²)

N = Nilai rata – rata statistic dari bilangan – bilangan SPT dalam daerah kira – kira 8B di atas sampai dengan 3B di bawah titik tiang pancang.

B = lebar atau diameter tiang pancang

L_b/B = perbandingan kedalaman rata – rata dari sebuah titik.

Daya Dukung Tiang Pancang Uji Laboratorium

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah pasir dan silt dari data laboratorium berdasarkan pada data parameter kuat geser tanah (Chairullah, 2013).

Metode Alpha

Metode Alpha diusulkan oleh Tomlinson (1971)

Daya dukung Tiang Pancang

$$P_{pu} = A_p \times [cN'_c + \eta \bar{q}(N'_q - 1)] \quad (2)$$

Dimana :

P_{pu} = Kapasitas titik akhir

A_p = Luas Penampang Tiang (m²)

N'_c = Faktor kapasitas dukung untuk kohesi

N'_q = Faktor kapasitas dukung untuk akibat – akibat kelebihan beban

q = Tegangan vertikal efektif

η = 1 untuk semuanya

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Pondasi Tiang Pancang

Kelompok tiang merupakan Kumpulan dari beberapa tiang, yang bekerja sebagai satu kesatuan. Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang Tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini dapat terjadi jika tiang pancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang dilapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun dibawahnya terdapat lapisan lunak. Terdapat faktor efisiensi kelompok tiang pancang. Pada persamaan Converse – Labarre (1968) untuk menghitung efisiensi kelompok tiang pancang adalah sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \times \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90 mn} \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{D}{s} \quad (4)$$

Dimana :

E_g = Nilai Efisiensi Grup

m = Banyaknya kolom

n = Banyaknya baris

D = Diameter Tiang

s = Jarak antar tiang

Penurunan Pondasi Tiang Pancang

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Untuk perencanaan, penurunan pondasi tiang tunggal dapat dihitung sebagai berikut:

$$S = S_{ss} + S_p + S_{ps} \quad (5)$$

Penjelasan untuk menentukan besaran dari masing-masing penurunan dapat diselesaikan sebagai berikut;

a. Menentukan harga S_s

Apabila diasumsikan bahwa material dari tiang adalah elastis, maka deformasi dari tiang pondasi dapat dievaluasi dengan menggunakan persamaan dari mekanika bahan sebagai berikut:

$$S_s = \frac{(P_{pu} + \alpha P_{si})L}{A_p E_p} \quad (6)$$

Vesic (1977) menyarankan harga $\alpha = 0,5$ untuk distribusi gesekan yang seragam atau parabolic sepanjang tiang.

b. Menentukan harga S_p

Penurunan dari tiang pondasi yang disebabkan beban ujung tiang sama seperti penurunan pondasi langsung yaitu;

$$S_p = \frac{(C_p \times Q_p)}{D \times q_p} \quad (7)$$

C_p = Koefisien empiris

c. Menentukan harga S_{ps}

Penurunan dari tiang pondasi yang disebabkan oleh beban yang diterima oleh dinding tiang akibat adanya gesekan antara tanah dengan tiang dapat dilakukan perhitungan yang hampir sama dengan perhitungan untuk ujung pondasi (S_s). Hanya dihitung adalah tegangan pada dinding tiang. Perlu dijelaskan bahwa penurunan S_{ps} ini untuk pondasi tiang yang didukung oleh lapisan batuan relatif tegangan geser antara tiang dengan tanah hampir tidak ada atau dapat dihilangkan karena hampir semua beban pondasi didukung oleh ujung tiang yang terletak diatas lapisan batuan.

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_{ws}}{PL} \right) \times \frac{D}{E_s} (1 - \mu^2) I_{ws} \quad (8)$$

Dimana,

$\frac{Q_{ws}}{P.L}$ = gesekan rata – rata yang bekerja

E_s = modulus elastisitas tanah

μ = poisson's ratio tanah

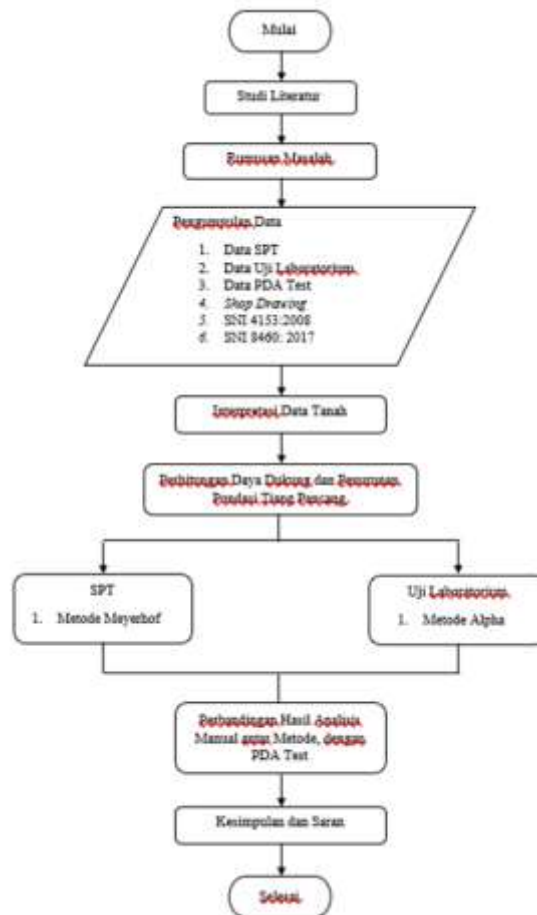
I_{ws} = faktor pengaruh = $2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis data kuantitatif yang mencakup pengumpulan data dari proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Methodist Susanna Wesley Murni Teguh Medan. Dari data yang diperoleh, kemudian dilakukan analisis menggunakan metode Mayerhoff dan metode Alpha. Hasil penelitian akan membuktikan bahwa daya dukung tiang pancang yang terpasang di proyek tersebut telah cukup mampu menahan beban bangunan yang telah direncanakan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Methodist Susanna Wesley Murni Teguh Medan yang berada di Jl. Harmonika Baru Pasar 2 Tanjung Sari, Medan, Sumatera Utara yang akan direncanakan akan dijadikan sebagai gedung utama rumah sakit tersebut.



Gambar 2. Alur Diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian yaitu hasil analisis, perancangan dan keluaran dari penelitian (Aplikasi) yang dapat dilengkapi dengan table, grafik atau gambar. Bagian dari pembahasan memaparkan hasil pengolahan data dan interpretasi hasil penelitian yang diperoleh serta mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan.

Dalam perhitungan kapasitas daya dukung dan penurunan tiang pancang diperoleh dengan menggunakan data N-SPT, data Laboratorium, dan data PDA test. Tiang pancang yang diuji dan menghasilkan data N-SPT dan Laboratorium tidak berada di titik yang sama dengan titik PDA test. Titik yang melakukan pengujian SPT dan Laboratorium berada pada titik AS 15-13 (BH-1) dan AS 5-8 (BH-2) sedangkan titik yang melakukan pengujian PDA test ada pada titik P2-10 AS.6B namun, dikarenakan kedalaman, diameter dan jenis tanah yang sama memungkinkan penulis untuk menghitung daya dukung di titik yang mendekati titik PDA test. Adapun hasil perhitungan yang diperoleh adalah sebagai berikut.

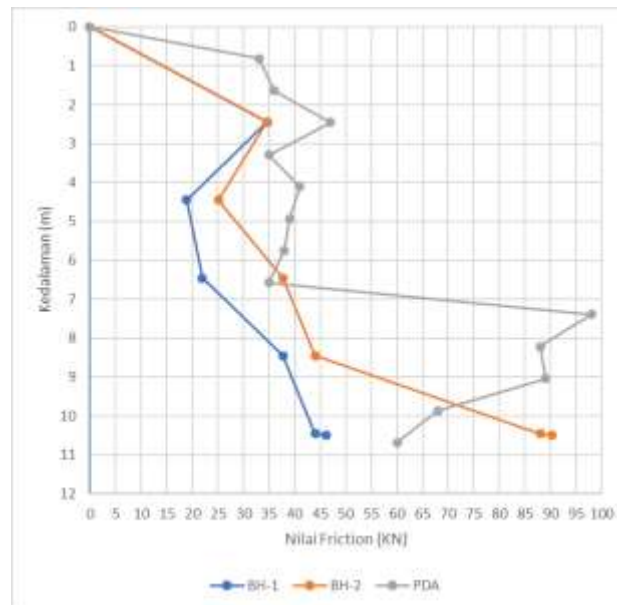
Hasil Perhitungan Data SPT Menggunakan Metode *Mayerhoff*

Dari hasil perhitungan SPT diperoleh daya dukung tiang pancang pada titik tiang pancang BH-1 dan BH-2. Daya dukung ultimate tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 10,50 m menggunakan metode *Mayerhoff* adalah 98,52 ton, dan daya dukung tiang ujung sebesar 78,52 ton. Daya dukung ultimate tiang pancang pada BH-2 dengan kedalaman sebesar 10,50 m menggunakan metode *Mayerhoff* adalah 172,37 ton, dan daya dukung tiang ujung sebesar 149,19 ton.

Hasil Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang Pancang

Dalam hasil perhitungan daya dukung selimut tiang pancang menggunakan SPT pada titik BH-1 yaitu sebesar 15,94 ton dan pada titik BH-2 yaitu sebesar 23,18 ton. Dapat dilihat pada diagram dibawah ini bahwa perbandingan nilai daya dukung selimut menggunakan data SPT dengan pengujian PDA bahwa nilai daya dukung selimut terbesar ada di titik PDA yang ditandai dengan warna abu-abu. Daya

dukung selimut terbesar kedua ada di titik *Bore Hole 2* yang ditandai dengan warna orange dan yang nilai daya dukung selimut terkecil ada di titik *Bore Hole 1* yang ditandai dengan warna biru.



Gambar 3. Diagram perbandingan daya dukung selimut SPT dan PDA

Hasil Perhitungan Data Laboratorium Menggunakan Metode Alpha (α)

Dari hasil perhitungan data laboratorium diperoleh daya dukung tiang pancang pada titik pemancangan BH-1 dan BH-2. Daya dukung ultimate tiang pancang pada BH-1 dengan kedalaman 10,50 m menggunakan metode alpha adalah 17,18 ton, daya dukung ujung tiang sebesar 1,21 ton, dan daya dukung selimut tiang 15,97 ton. Daya dukung ultimate tiang pancang pada BH-2 dengan kedalaman 10,50 m menggunakan metode alpha adalah 70,84 ton dan daya dukung ujung tiang sebesar 47,39 ton, dan daya dukung selimut tiang 23,45 ton.

Hasil Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Menggunakan Data N-SPT

Dari hasil perhitungan penurunan berdasarkan data SPT diperoleh hasil penurunan tiang pancang pada titik BH-1 dan BH-2. Hasil perhitungan penurunan berdasarkan data SPT, pada titik BH-1 adalah 77,37 mm dan titik BH-2 adalah 70,84 mm.

Hasil dari data PDA

Dari hasil pengujian PDA diperoleh daya dukung asli/*real* tiang pancang di lapangan pada titik P2-10 AS.6B. Daya dukung ultimate sebesar 164,3 ton dan daya dukung tiang ujung sebesar 81,5 ton, daya dukung selimut tiang sebesar 82,8 ton, dan penurunan sebesar 15,93 mm.

Perbandingan Data Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Kapasitas daya dukung tiang pancang diperoleh dari tiga data yaitu, data SPT, data Laboratorium, dan data PDA. Pengujian SPT dan Laboratorium dilakukan sebelum pemancangan, sedangkan pengujian PDA dilakukan setelah proses pemancangan. Ketiga data tersebut memiliki hubungan yang sangat erat kaitannya dalam merencanakan daya dukung pondasi agar dapat menyesuaikan kondisi pondasi pada saat sebelum dan sesudah melaksanakan pemancangan. Perbedaan besar daya dukung tiang pancang dari ketiga data memiliki hasil yang berbeda.

Hasil perhitungan dari ketiga data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Tabel Hasil Perhitungan BH-1

No. Titik	Daya Dukung Ujung (Ton)	Daya Dukung Ultimate (Ton)	Daya Dukung Selimut Tiang (Ton)
Data PDA	81,5	164,3	82,8
Data Laboratorium	1,21	17,18	15,97
Data N-SPT	78,52	94,46	15,94

Dari tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa hasil nilai daya dukung perbandingan PDA dengan Titik *Bore Hole* 1 tidak memenuhi karena daya dukung dari daya dukung $SPT < PDA < \text{Data Laboratorium}$.

Tabel 2. Tabel Hasil Perhitungan BH-2

No. Titik	Daya Dukung Ujung (Ton)	Daya Dukung Ultimate (Ton)	Daya Dukung Selimut Tiang (Ton)
Data PDA	81,5	164,3	82,8
Data Laboratorium	47,39	70,84	23,45
Data N-SPT	149,19	172,37	23,18

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa hasil nilai daya dukung perbandingan PDA dengan Titik *Bore Hole* 2 telah memenuhi karena daya dukung dari daya dukung $SPT > PDA < \text{Data Laboratorium}$.

Perbandingan Data Penurunan Pondasi Tiang

Besarnya penurunan pondasi tiang tergantung nilai beban-beban yang bekerja selain itu dipengaruhi juga oleh diameter tiang, jumlah tiang, formasi kelompok tiang, jenis material tiang, dan jenis material tanah. Berikut adalah perhitungan penurunan menggunakan data SPT lalu dibandingkan dengan pengujian PDA.

Hasil perhitungan dari ketiga data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil penurunan menggunakan data N-SPT

Hasil / Data	Pengujian PDA	BH-1	BH-2
Penurunan	15,93	77,37	70,84

Dari tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa hasil penurunan perbandingan PDA dengan titik BH-1 dan BH-2 dianggap tidak aman sehingga mengakibatkan reruntuhan karena $BH-1 < PDA < BH-2$.

SIMPULAN

Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dengan kedalaman 10,50 m menggunakan metode Mayerhoff didapat nilai daya dukung ultimit pada BH-1 adalah sebesar 94,46 Ton dan titik BH-2 adalah sebesar 172,37 Ton, nilai daya dukung ujung tiang pada titik BH-1 sebesar 78,52 Ton dan titik BH-2 sebesar 149,19 Ton, nilai daya dukung selimut pada titik BH-1 sebesar 15,94 Ton dan titik BH-2 sebesar 23,18 Ton, dan daya dukung tiang pancang kelompok pada BH-1 sebesar 436,405 Ton dan BH-2 sebesar 796,349 Ton. Sedangkan nilai daya dukung dari PDA sebesar 164,3 Ton sehingga nilai daya dukung menggunakan data N-SPT pada titik BH-1 tidak memenuhi dan BH-2 memenuhi. Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang kelompok berdasarkan data SPT menggunakan metode Mayerhoff efisiensi yang digunakan adalah efisiensi terkecil yaitu metode field, pada titik BH-1 adalah sebesar 436,405 Ton dan titik BH-2 sebesar 796,349 Ton. Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dengan kedalaman 10,50 m menggunakan metode Alpha didapat nilai daya dukung ultimit pada BH-1 adalah sebesar 17,18 Ton dan BH-2 sebesar 70,84, daya dukung nilai ujung tiang pada titik BH-1 sebesar 1,21 Ton dan titik BH-2 sebesar 47,38 Ton, dan daya dukung selimut tiang pada titik BH-1 sebesar 15,97 Ton dan titik BH-2 sebesar 23,45 Ton. Sedangkan daya dukung PDA sebesar 164,3 Ton sehingga nilai daya dukung menggunakan data Laboratorium pada titik BH-1 dan BH-2 tidak memenuhi. Hasil perhitungan penurunan Bore Hole 1 sebesar 77,37 mm dan Bore Hole 2 sebesar 70,84 mm sedangkan nilai penurunan dari data PDA sebesar 15,93 mm. Sehingga nilai penurunan BH-1 dan BH-2 tidak aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 4153 : 2008 Cara Uji Lapangan Dengan SPT*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional;. (2017). *SNI 8460 : 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standart Nasional.
- Bowles, J. P. (1997). *Fondation Analysis and Design*. Peoria, Illionis: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Edwar, B. (2023). *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Rumah Sakit Regina Maris Medan*. Medan.
- Iswanti, E. A. (2021). *Analisis Perbandingan Daya DUKung Tiang Pancang Jembatan Grider STA 0+160,36-0+196,67 Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Kuala Tanjung-Indrapura Kabupaten Batubara*. Medan.
- Pratiwi, N. R. (2021). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Uji SPT dan Pengujian PDA Pada Proyek Pekerjaan Pembangunan Emergency PAcKing Bay Pada Jalan TOL Jakarta-Cikampek II Elevated*. Medan.
- Rismayanti. (2022). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Data SPT, CPT, dan Uji Laboratorium Pada Proyek Pembangunan Gedung Gabungan Dinas II Kabupaten Tana Tidung*. Tarakan: Univesitas Borneo Tarakan.
- Santoso, H. T., & Hartono, J. (2020). Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Uji SPT dan Pengujian Dinamis. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 9.
- Wheelen, T. L., & Hunger, J. D. (2012). *Strategic Management and Business Policy: Toward Global Sustainability (Thirteenth Edition)*. New Jersey: Pearson Education.
- Winarti, K. I. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Beton Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Di Kabupaten Deli Serdang.