

ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DENGAN METODE ANALITIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BRI MEDAN

Adeila Fahrila Putri Daulay¹⁾, Farah Sinda Luthfie²⁾, Rudianto Surbakti³⁾

Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Medan,

email: adeilafahrilaputridaulay@students.polmed.ac.id¹⁾,

farahsindaluthfie@students.polmed.ac.id²⁾, rudiantosurbakti@polmed.ac.id³⁾

Abstrak

Pondasi merupakan bagian dari sistem struktur bawah yang mendukung berat sendiri dan seluruh beban gaya dari struktur di atasnya, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan di bawahnya. Pada pelaksanaan proyek pembangunan Gedung BRI Medan ini pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang bor. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui daya dukung tiang bor dari hasil standar penetrasi tes (SPT), kemudian membandingkannya dengan hasil pile driving analyzer (PDA) tes, dan juga untuk mengetahui efisiensi kelompok tiang menggunakan metode Converse-Labarre. Dari hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhoff diperoleh daya dukung tiang tunggal adalah 395,668 ton, sedangkan dari PDA tes nilainya adalah 354 ton. Diketahui bahwa nilai daya dukung yang diperoleh dari metode Meyerhoff lebih besar 41,667 ton dari hasil PDA tes. Dari hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhoff dengan PDA tes terdapat perbedaan daya dukung yang signifikan yaitu sebesar 10%. Dari hasil perhitungan efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode Converse-Labarre diperoleh nilainya adalah 0,992 yang mana nilai ini mendekati nilai 1. Hal ini dikarenakan jarak antar tiang pada kelompok tiang yang dilapangan sudah melebihi 2,5D. Daya dukung ijin total kelompok tiang akibat adanya efisiensi adalah 47.117,18 ton.

Kata kunci : analisis daya dukung, meyerhoff, converse-labarre

Abstract

The foundation is part of the lower structural system that supports its own weight and all force loads from the structure above it, then transmits it to the soil and rock layers below. In the implementation of the BRI Medan Building construction project, the foundation used was a bored pile foundation. The aim of this study is to determine the bearing capacity of bored piles from the results of standard penetration tests (SPT), then compare them with the results pile driving analyzer (PDA) test, and also to determine the efficiency of the pile group using the Converse-Labarre method. From the results of calculations using the Meyerhoff method, it was found that the carrying capacity of a single pile was 395,668 tons, while from the PDA test the value was 354 tons. It is known that the carrying capacity value obtained from the Meyerhoff method is 41,667 tons greater than the PDA test results. From the results of calculations using the Meyerhoff method with the PDA test, there is a significant difference in carrying capacity, namely 10%. From the results of calculating the efficiency of pile groups using the Converse-Labarre method, the value obtained is 0.992, which is close to 1. This is because the distance between piles in the pile group in the field has exceeded 2.5D. The total permitted carrying capacity of the pile group due to efficiency is 47,117.18 tons.

Keywords : carrying capacity analysis, meyerhoff, converse-labarre

1. Latar Belakang

Sebuah konstruksi yang kuat dan stabil bergantung pada kemampuan serta kesesuaian pondasi dalam menopangnya. Pondasi merupakan bagian dari sistem struktur bawah (*sub structure*) yang mendukung berat sendiri dan seluruh beban gaya dari

struktur di atasnya, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan di bawahnya (Surbakti, Rudianto. 2023). Beban dari kolom yang diterima oleh pondasi perlu disebar secara merata ke permukaan tanah yang luas, sehingga tanah dapat memikul beban dengan aman. Jika pondasi bangunan gagal melaksanakan fungsinya, bangunan di atasnya akan runtuh dan mengalami kegagalan. Kegagalan pondasi di atas tanah lunak dapat terjadi karena berkurangnya daya dukung tanah. Apabila kekuatan tanah telah mencapai batasnya, penurunan yang berlebihan dan keruntuhan tanah dapat terjadi (Hardiyatmo, H.C. 2015).

Perencanaan pondasi yang baik sangat penting dalam pembangunan gedung. Suatu perencanaan pondasi dianggap baik apabila beban yang ditransfer ke tanah oleh pondasi tidak melebihi daya dukung tanah tersebut. Jika daya dukung tanah terlampaui, dapat menyebabkan penurunan tanah yang berlebihan atau bahkan keruntuhan. Jika tegangan tekan melebihi batas yang diizinkan, digunakan pondasi tiang untuk membantu menyalurkan beban tekan dari dinding dan kolom pada struktur bangunan. Pondasi terbagi menjadi dua jenis, yakni pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal diterapkan pada bangunan dengan lapisan tanah dangkal yang cukup keras, khususnya pada bangunan seperti rumah sederhana yang tidak memerlukan galian tanah yang dalam. Sementara itu, pondasi dalam diperlukan ketika lapisan tanah yang keras terletak pada kedalaman yang cukup jauh, sehingga memerlukan pengeboran atau pemancangan yang lebih dalam untuk mendukung kestabilan bangunan (Jusi, Ulfa. 2015).

Jenis pondasi yang diperinci dalam laporan studi kasus ini adalah pondasi dalam, yang ditempatkan di bawah permukaan tanah pada kedalaman tertentu. Daya dukung dasar pondasi ini dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi tanah di permukaan. Pada Pembangunan Gedung BRI Medan, digunakan pondasi *bored pile*. Pondasi *bored pile* adalah metode konstruksi pondasi yang melibatkan pengeboran tanah terlebih dahulu sebelum diisi dengan tulangan besi dan dicor beton. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang cukup kuat dan memberikan keamanan pada struktur atas.

Ada dua metode umum yang digunakan dalam perhitungan penentuan kapasitas daya dukung *bored pile*, yaitu metode statis dan metode dinamis. Penyelidikan tanah dengan metode statis melibatkan uji sondir CPT (*Cone Penetration Test*) dan SPT (*Standard Penetration Test*). Sementara itu, penyelidikan tanah dengan metode dinamis melibatkan uji PDA (*Pile Driving Analyzer*). Dalam penyelidikan tanah di Pembangunan Gedung BRI Medan, metode statis digunakan, yaitu metode uji SPT (*Standard Penetration Test*) dan metode dinamis yaitu metode uji PDA (*Pile Driving Analyzer*), bertujuan untuk memastikan ketahanan pondasi dan keselamatan struktur bangunan.

2. Metode Penelitian

Dalam perencanaan pondasi perlu dipertimbangkan apakah lapisan tanah yang bersangkutan memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban pondasi tanpa mengalami keruntuhan geser (*shear failure*). Hal ini bergantung pada kekuatan geser tanah tersebut, dan perhitungan yang cermat harus dilakukan untuk memastikan bahwa pondasi mampu berdiri kokoh dan stabil di atas lapisan tanah yang memiliki daya dukung yang memadai.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi melibatkan beberapa aspek, yaitu:

- a. Faktor keamanan yang memadai untuk mencegah terjadinya keruntuhan
- b. Batas daya dukung tanah pondasi yang telah diizinkan.
- c. Kehadiran atau ketiadaan muka air tanah, yang dapat memengaruhi performa dan stabilitas pondasi.

Dengan mempertimbangkan elemen-elemen ini, perhitungan pondasi dapat dilakukan dengan lebih akurat dan memastikan kehandalan struktur bangunan. Metode Meyerhoff adalah salah satu teknik yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang dengan merujuk pada data uji *Standard Penetration Test* (SPT).

Ketika menggunakan metode Meyerhoff, sangat penting untuk mengacu pada pedoman dan standar teknis terbaru. Selain itu, karakteristik unik dari lokasi proyek dan kondisi tanah harus dipertimbangkan secara cermat. Keselamatan dan keandalan struktur harus selalu menjadi prioritas utama dalam perencanaan pondasi menggunakan metode ini.

Meyerhoff (1976) menganjurkan formula daya dukung untuk tiang pancang sebagai berikut:

1. Untuk daya dukung Aksial

$$Q_a = \frac{m \times N_a \times A_p}{3} + \frac{n \times N \times A_s}{5}$$

Dengan:

Q_a : Daya dukung ijin tiang (ton)

m : Koefisien perlawanan ujung, dapat dilihat pada Tabel 2.1

n : Koefisien perlawanan gesek tiang, dapat dilihat pada Tabel 2.1

A_p : Luas tiang pancang (m^2)

A_s : Luas selimut tiang pancang tertanam (m^2)

N_1 : Nilai N-SPT pada ujung tiang

N_2 : Nilai N-SPT dari ujung tiang hingga 4 kali diameter di atas ujung tiang

N_a : $\frac{1}{2}(N_1 + N_2) \leq 40$

Tabel 1 Koefisien Perlawanan Ujung dan Gesek Tiang

No.	Peneliti	Jenis Tanah	Jenis Tiang	m	n	Batasan
1.	Meyerhoff (1976)	Pasir	Berlaku umum	40	0,2	-
		Lempung		-	0,5	-
2.	Okahara (1992)	Pasir	Tiang Pancang	40	0,2	<10 t/m ²
			Cor di tempat	12	0,5	<20 t/m ²
		Kohesif	Tiang pancang	-	1	<15 t/m ²
			Cor di tempat	-	1	<15 t/m ²
3.	Takahashi (1992)	Pasir	Tiang pancang	30	0,2	-

2. Efisiensi Grup Pondasi Tiang Bor

Efisiensi grup pengeboran tiang mengacu pada kemampuan suatu tim atau kelompok yang terlibat dalam operasi pengeboran untuk mencapai hasil optimal dengan menggunakan sumber daya secara efektif. Proses pengeboran tiang menjadi elemen krusial dalam proyek konstruksi, terutama pada tahap pengerjaan pondasi, dan efisiensi dalam kegiatan ini dapat memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas dan keberlanjutan proyek. Salah satu persamaan dari efisiensi kelompok tiang adalah Converse-Labarre *formula*, sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 m n'}$$

Dengan:

E_g : efisiensi kelompok tiang

m : jumlah baris tiang

n' : jumlah tiang dalam satu baris

θ : arc tg d/s , dalam derajat

s : jarak pusat ke pusat tiang (m)

d : diameter tiang (m)

Efisiensi kelompok tiang didefinisikan sebagai:

$$E_g = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang} \times \text{Daya dukung tiang tunggal}}$$

atau

$$E_g = \frac{Q_g}{nQ_u}$$

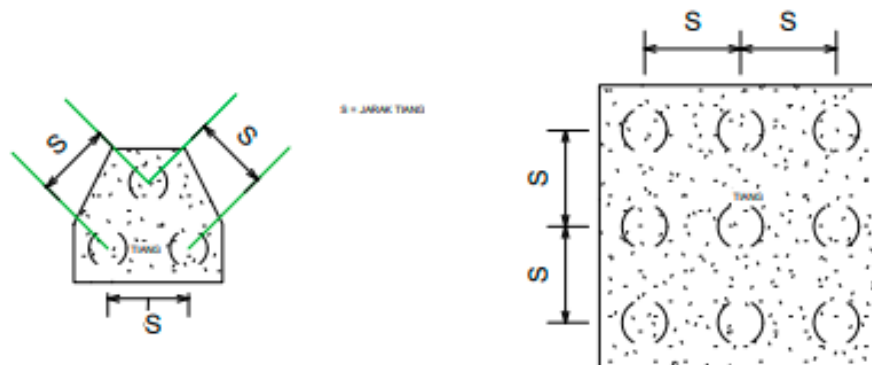
Dengan:

E_g : efisiensi kelompok tiang

Q_g : beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

Q_u : beban maksimum tiang tunggal yang mengakibatkan keruntuhan

n : jumlah tiang dalam kelompok



Gambar 1 Definisi jarak s dalam hitungan efisiensi tiang

Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_g = E_g n Q_u$$

Dengan:

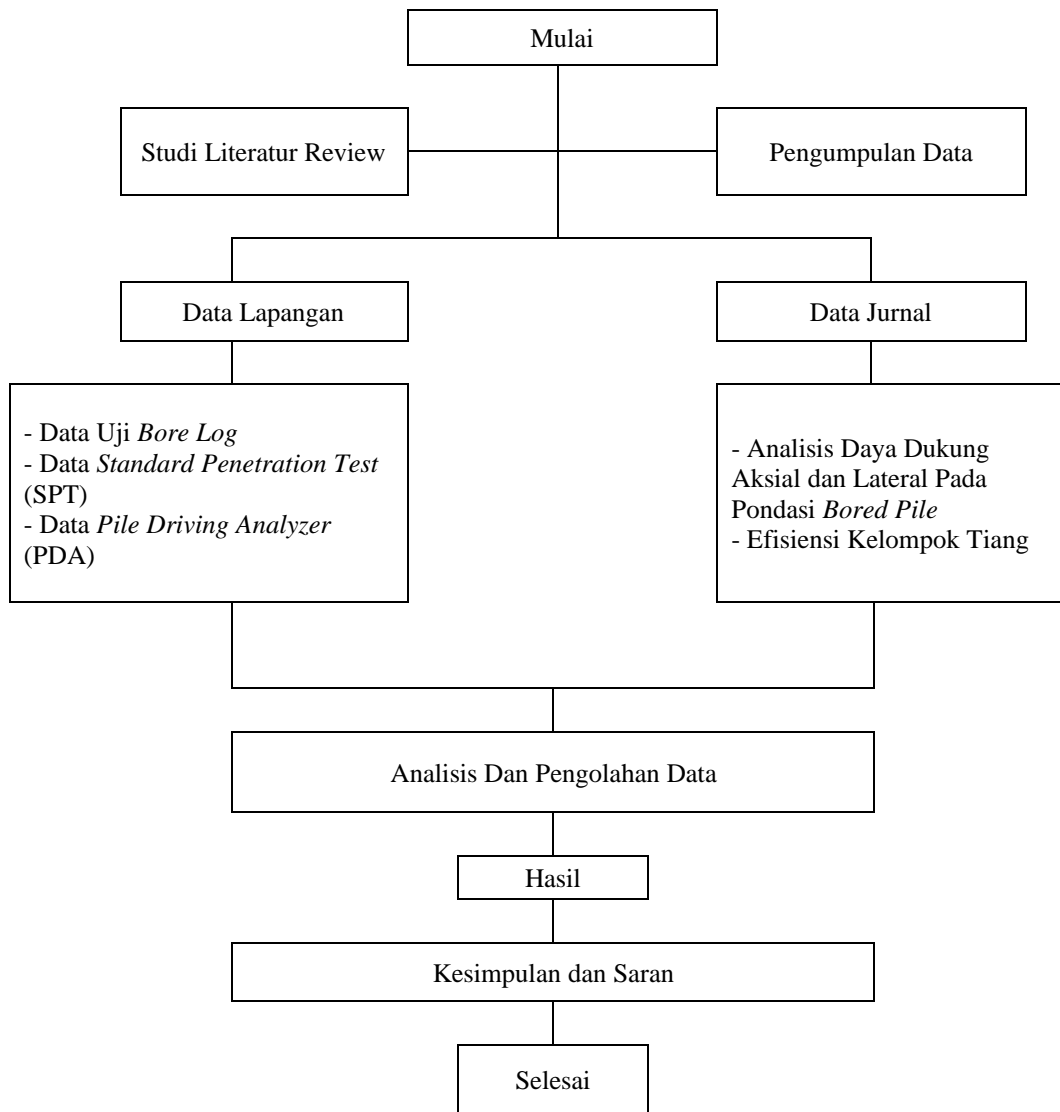
Q_g : beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

E_g : efisiensi kelompok tiang

n : jumlah tiang dalam kelompok

Q_u : beban maksimum tiang tunggal yang mengakibatkan keruntuhan

Berikut diagram alir metode penelitian yang dilakukan:



Gambar 2 Kerangka Berpikir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Proses menghitung daya dukung aksial menggunakan metode Meyerhoff dibagi menjadi dua bagian yaitu menghitung daya dukung ujung dan selimut. Daya dukung ujung untuk kedalaman setiap 1 meter adalah sebagai berikut:

1. Daya dukung ijin pada kedalaman 1 meter.

Menentukan daya dukung ijin ujung tiang (Q_b)

$$Q_b = m \times N_a \times A_p$$

Nilai daya dukung ujung tiang pada kedalaman 1 meter, adalah

$$Q_b = m \times N_a \times A_p$$

$$Q_b = 40 \times 1,250 \times 0,502$$

$$Q_b = 25,120 \text{ ton}$$

Menentukan daya dukung selimut pada tanah pasir (Q_s)

$$Q_s = n \times \bar{N} \times A_s$$

nilai daya dukung selimut pada kedalaman 1 meter, adalah

$$Q_s = n \times \bar{N} \times A_s$$

$$Q_s = 0,2 \times 5,556 \times 2,512$$

$$Q_s = 2,791 \text{ ton}$$

menentukan daya dukung ijin pada pada kedalaman 1 meter (Q_a)

$$Q_a = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

nilai daya dukung ijin tiang pada kedalaman 1 meter, adalah

$$Q_a = \frac{25,120}{3} + \frac{2,791}{5}$$

$$Q_a = 8,932 \text{ ton}$$

Pada kedalaman 1 meter daya dukung ijin tiang yang dimiliki adalah 8,932 ton.

Untuk kedalaman selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Tabel daya dukung ijin tiang tunggal

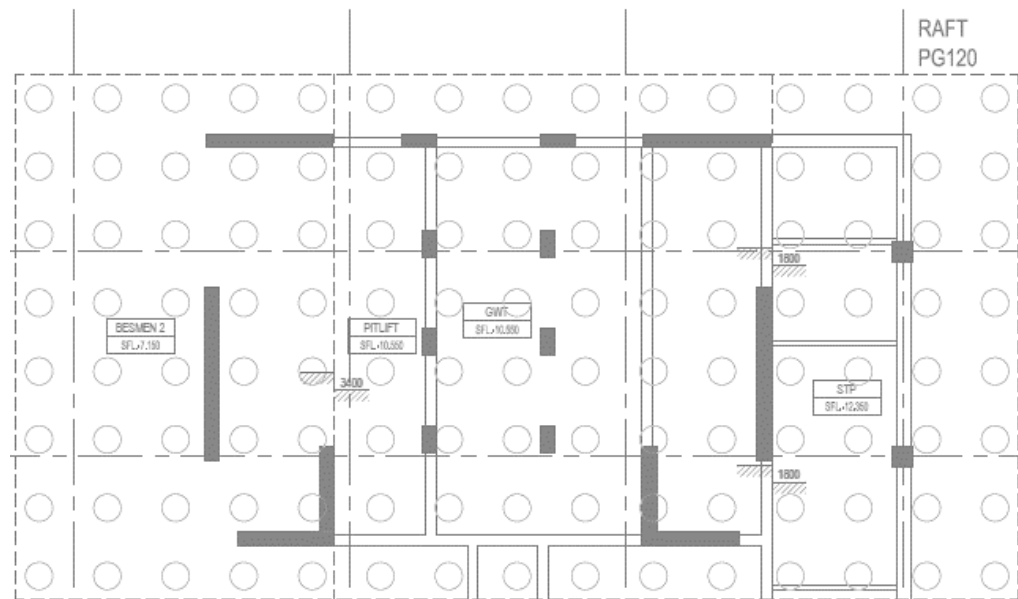
No.	Kedalaman (meter)	Q_b (ton)	Q_s (ton)	Q_a (ton)
1.	1	25,120	2,791	8,932
2.	2	50,240	8,836	18,514
3.	3	75,360	15,570	28,234
4.	4	100,480	25,142	38,522
5.	5	125,600	32,726	48,419
6.	6	150,720	41,664	58,573
7.	7	175,840	51,983	69,010
8.	8	200,960	63,363	79,659
9.	9	226,080	71,795	89,719
10.	10	251,200	198,004	123,334
11.	11	276,320	211,990	134,505
12.	12	301,440	226,617	145,603
13.	13	326,560	238,012	156,456
14.	14	351,680	268,034	170,834
15.	15	376,800	297,174	165,035
16.	16	401,920	333,026	200,579
17.	17	427,040	356,743	213,695
18.	18	452,160	388,052	228,330
19.	19	477,280	429,179	244,929
20.	20	502,400	183,394	204,146
21.	21	527,520	496,844	257,209
22.	22	552,640	556,615	295,536

23.	23	577,760	627,310	318,049
24.	24	602,880	676,446	336,249
25.	25	628,000	746,844	358,702
26.	26	653,312	797,101	377,127
27.	27,7	678,240	847,941	395,668

Menurut tabel diatas, pada kedalaman tiang yang di tanam diperoleh hasil daya dukung ijin ujung (Q_b) adalah 678,240 ton, daya dukung ijin selimut (Q_s) adalah 847,941 ton, dan menghasilkan daya dukung ijin total (Q_a) adalah sebesar 395,668 ton.

2. Menghitung efisiensi kelompok tiang

Pada gedung Menara BRI Medan kelompok tiang yang penulis teliti adalah PG-120, kelompok tiang terdiri dari 15 baris dan dalam setiap baris terdapat 8 tiang. Sehingga total seluruh tiang pada PG-120 adalah 120 tiang. Dapat dilihat seperti gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Denah Pile Group

Menentukan efisiensi kelompok tiang (Q_g)

$$Q_g = E_g \times n \times Q_u$$

nilai efisiensi kelompok tiang pada PG-120, adalah

$$Q_g = 0,992 \times 120 \times 395,668$$

$$Q_g = 47.117,18 \text{ ton}$$

Efisiensi kelompok tiang dengan metode Converse-Labarre diperoleh nilainya sebesar 0,992 yang mana nilainya mendekati 1. Menurut teori Converse-Labarre jika nilai efisiensi sudah melebihi 2,5D sudah relatif aman. Sehingga pengurangan daya dukung akibat tanah yang *overlap* tidak begitu signifikan. Daya dukung total sebelum di efisiensi adalah 47.480,16 ton. Sedangkan daya dukung total sesudah di efisiensi adalah 47.117,18 ton. Dari hasil kedua angka tersebut terdapat pengurangan daya dukung akibat efisiensi sebesar $Q_u \text{ awal} - Q_u \text{ efisiensi} = 302,98 \text{ ton}$. Efisiensi kelompok tiang dipengaruhi oleh jarak antar tiang pada kelompok tiang tersebut. Jika jarak as ke as tiang semakin besar maka nilai efisiensi yang didapatkan akan semakin besar akibat kecilnya *overlap* disekitar tiang.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analitis yang telah kami lakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Dari hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhoff diperoleh daya dukung tiang tunggal adalah 395,668 ton, sedangkan dari PDA tes nilainya adalah 354 ton. Diketahui bahwa nilai daya dukung yang diperoleh dari metode Meyerhoff lebih besar 41,667 ton dari hasil PDA tes. Dari hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhoff dengan PDA tes terdapat perbedaan daya dukung yang signifikan yaitu sebesar 10%. Dari hasil perhitungan efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan metode Converse-Labarre diperoleh nilainya adalah 0,992 yang mana nilainya ini mendekati nilai 1. Hal ini karena jarak antar tiang pada kelompok tiang yang dilapangan sudah melebihi 2,5D. Daya dukung ijin total kelompok tiang akibat adanya efisiensi adalah 47.117,18 ton.

4.2 Saran

Penelitian yang telah penulis kerjakan masih dapat dikembangkan dengan menggunakan aplikasi seperti plaxis 3D guna memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

Daftar Kepustakaan

- Bermando, dkk. 2023. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Gedung SMK Tunas Harapan Bangsa Cianjur, Bekasi, Universitas Krisnadwipayana.*
- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Analisis Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test),Pekanbaru, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru.*
- Icha, dkk. 2022. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi),Jambi, Universitas Jambi.*
- Jusi, Ulfa. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II, Edisi Ketiga, Yogyakarta, Gajah Mada University Press.*
- Surbakti, R. 2023. *Analysis of Deep Foundation Bearing Capacity on Granural Soil Overpass STA 13+250 Toll Road Tebing – Siantar, Journal of Civil Engineering, Building and Transportation, Vol 7 (No 1).*
- Tobing, D. L. 2019. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Gedung Wahid Hasyim Apartmen Medan, Medan, Universitas Medan Area.*