

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PANCANG MENGGUNAKAN METODE ANALITIS DAN ALLPILE PADA PEMBANGUNAN GYMNASIUM

Jihan Su'udiah Mawardah¹, Hikmat Lukman², Heny Purwanti³

ABSTRAK

Tanah merupakan suatu pendukung sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penahan beban konstruksi di atasnya. Oleh karena itu, hal yang paling utama sebelum melakukan pekerjaan tanah adalah melakukan pekerjaan penyelidikan tanah. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama dikerjakan ialah pekerjaan fondasi. Analisa daya dukung dilakukan untuk dapat mengetahui nilai daya dukung dalam menerima beban struktur di atasnya. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis nilai daya dukung aksial tiang pancang tunggal dengan dimensi 45x45 cm dan kapasitas ultimit kelompok tiang dengan jumlah 4 tiang ber dimensi 45x45 cm menggunakan metode analitis yaitu metode Mayerhoff dan Metode Bagemann dan software Allpile V7.3B dari hasil sondir. Serta untuk membandingkan hasil analisis daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dengan menggunakan metode analitis dan software Allpile V7.3B. Berdasarkan analisis perhitungan daya dukung aksial fondasi tiang tunggal dan kapasitas ultimit kelompok didapatkan hasil daya dukung terkecil terdapat pada titik sondir S1 dengan hasil pada metode Mayerhoff daya dukung aksial tunggal sebesar 3.236,2 kN dan kapasitas ultimit kelompok tiang sebesar 3.129,8 kN. Metode Bagemann daya dukung aksial tunggal sebesar 3.993,5 kN dan kapasitas ultimit kelompok tiang sebesar 5.367,4 kN. Perhitungan dengan software Allpile V7.3B daya dukung aksial tunggal sebesar 1.363,2 kN dan kapasitas ultimit kelompok tiang sebesar 2.283,2 kN. Dari hasil perhitungan daya dukung menggunakan 3 metode, perhitungan daya dukung menggunakan Allpile V7.3B yang paling aman digunakan karena nilai daya dukung tunggal dan kelompok memiliki nilai paling kecil. Dapat disimpulkan bahwa fondasi tiang pancang dengan dimensi tiang 45x45 cm dan kedalaman 15meter aman digunakan dalam pembangunan gymnasium sekolah vokasi IPB.

Kata Kunci: Allpile, Bagemann, CPT, Daya Dukung Aksial, Mayerhoff.

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan suatu pendukung sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penahan beban konstruksi di atasnya. Untuk itu kuat dukung tanah sangat berperan penting untuk mendirikan konstruksi di atasnya. Oleh karena itu, hal yang paling utama sebelum melakukan pekerjaan tanah adalah melakukan pekerjaan penyelidikan tanah.

Analisa daya dukung dilakukan untuk dapat mengetahui nilai daya dukung dalam menerima beban struktur di atasnya. Analisis yang dilakukan ialah analisa data tanah, analisa dimensi fondasi, dan analisa daya dukung tiang tunggal. Pada perhitungan analisa daya dukung ini dilakukan dengan metode yang berbeda dari perhitungan perencana. Metode yang digunakan dalam analisa daya dukung untuk fondasi tiang pancang ini ialah metode

analitis dan program komputer bernama *Allpile*.

Pada penelitian ini, penulis akan menganalisis daya dukung aksial fondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan Gymnasium Sekolah Vokasi IPB Cilibende dengan menggunakan metode analitis dan software Allpile.

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan perhitungan daya dukung secara manual dan dengan bantuan software. Selain untuk mempermudah pekerjaan dalam hal kecepatan, software pun dapat menekan biaya yang dibutuhkan karena minimnya kesalahan sehingga mempersingkat waktu pengerjaan, dengan kata lain ketepatan dan keakuratan perhitungan lebih tinggi dibandingkan perhitungan secara manual.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Umum

Proyek Pembangunan Gymnasium Sekolah Vokasi IPB ini merupakan pembangunan gymnasium kedua setelah gymnasium yang terletak di kampus utama IPB Dramaga, Bogor. Gymnasium ini terletak di Kota Bogor tepatnya di dekat Sekolah Vokasi IPB Cilibende. Dalam penelitian ini dibahas analisis daya dukung fondasi tiang pancang. Secara umum dengan mengetahui besarnya daya dukung ultimit yang terjadi pada fondasi tiang pancang, maka dapat diketahui besarnya daya dukung ijin yang aman terhadap keruntuhan tanah dan tiang.



Sumber : PT. Marga Daya Design, 2022
Gambar 3 Gymnasium Sekolah Vokasi IPB

2.2. Data Umum

- 1 Nama Lokasi : Pembangunan Gedung Penelitian
- 2 Owner : Institut Pertanian Bogor
- 3 Konsultan Perencana : PT. Marga Daya Design
- 4 Konsultan MK : PT. Marga Jaya
- 5 Pelaksana Konstruksi : PT. Joglo Multi Ayu
- 6 Fungsi Proyek : Gymnasium
- 7 Jumlah Lantai : 3 Lantai

2.3. Lokasi Penelitian

Proyek pembangunan Gymnasium Sekolah Vokasi IPB berlokasi di Jl. Lodaya II No.2, RT.02/RW.02, Cilibende, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16128. Lokasi tersebut sebelumnya adalah lahan kosong dan disekitarnya terdapat lahan untuk penelitian mahasiswa IPB, seperti lahan jagung.



Sumber : Google Earth

2.4. Data Teknis

Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak konsultan perencana yaitu PT. Marga Daya Design, dengan data sebagai berikut :

1. Kedalaman tiang pancang : 15 meter
2. Dimensi tiang pancang : 45 x 45 cm²
3. Mutu beton tiang pancang : K-500 ($f_c = 41,50 \text{ Mpa}$)

2.5. Parameter Tanah

Tabel 5 Data Dutch Cone Penetration Test

Kedalaman	Perlawanan Konus (qc)	Jumlah Perlawanan	Perlawanan Gesek	Hambatan Pelekat	Local Friction	Friction Ratio	Hambatan Setempat	J.H.P
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	Kg/cm
0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	15	17	2	0,133	0,200	1,333	10,667	10,667
4	60	65	5	0,333	0,500	0,833	50,666	61,333
8	70	75	5	0,333	0,500	0,714	133,334	194,667
12	90	95	5	0,333	0,500	0,556	133,333	328,000
15	105	110	5	0,333	0,500	0,476	100,000	428,000
16	135	140	5	0,333	0,500	0,370	33,333	461,333
16,2	235	240	5	0,333	0,500	0,213	6,667	468,000

Sumber : PT. Marga Daya Design, 2022

2.6. Metode Penelitian

Untuk mencapai maksud dan tujuan studi ini, dilakukan tahapan yang dianggap perlu dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut :

1. Tahapan pertama adalah mengumpulkan berbagai jenis judul buku, jurnal, dan makalah yang mendukung terhadap penelitian sesuai dengan judul yang dibahas.
2. Tahap kedua mengumpulkan data-data dari pihak perencana dan pelaksana lapangan. Data yang diperoleh adalah :
 - a. Data Hasil Penyelidikan Tanah
 - b. Gambar Perencanaan
3. Tahap ketiga adalah menganalisis antara data lapangan dengan buku yang sesuai dengan penelitian tentang teori dan persamaan yang sesuai, serta pendekatan yang akan digunakan.

- Tahap keempat adalah perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang yang sesuai dengan teori dan formula yang telah dibahas pada tinjauan pustaka dengan data-data yang diperoleh dari laporan data pengujian tanah dari hasil pengujian di laboratorium.
- Tahap kelima adalah melakukan pemodelan tanah dengan menggunakan *software Allpile V7.3B* untuk mendapatkan daya dukung fondasi tiang pancang.

2.7. Pengolahan Data

A. Perhitungan Metode Mayerhoff 1956

Daya dukung untuk metode Mayerhoff dapat dihitung dengan rumus :

1. Daya dukung fondasi tiang pancang

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times P) \quad (12)$$

2. Daya dukung izin fondasi

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{SF_1} + \frac{JHL \times P}{SF_2} \quad (13)$$

Dengan,

- Q_{ult} = daya dukung ultimit (kg)
- q_c = tahanan ujung sondir (kg/cm²)
- A_p = luas tiang pancang (cm²)
- JHL = jumlah perlawanan konus (kg/cm)
- P = keliling tiang pancang (cm)
- SF_1 = Faktor keamanan daya dukung ujung (3)
- SF_2 = Faktor keamanan daya dukung friksi (5)

B. Perhitungan Metode Bagemann

Daya dukung aksial untuk metode bagemann dapat dihitung dengan rumus :

1. Tahanan Ujung Ultimit

$$Q_{ujung} = (A_b \times q_c) \quad (14)$$

Dimana,

- A_s = luas ujung bawah tiang (m²)
- q_c = tahanan penetrasi kerucut statis yang merupakan nilai rata-rata dihitung dari 8.D diatas dasar tiang dan 4D dibawah tiang (kg/cm²)

2. Tahanan Gesek Ultimit

$$Q_{friksi} = (A_s \times q_f) \quad (15)$$

$$A_s = \pi \times D \times L_1 \quad (16)$$

Dimana,

- A_s = luas permukaan segmen dinding tiang (cm²)
- q_f = tahanan gesek kerucut statis rata-rata (kg/cm²)

3. Kapasitas Ultimit Tiang Pancang

$$\text{Kapasitas Ultimit} = Q_{ujung} + Q_{friksi} \quad (17)$$

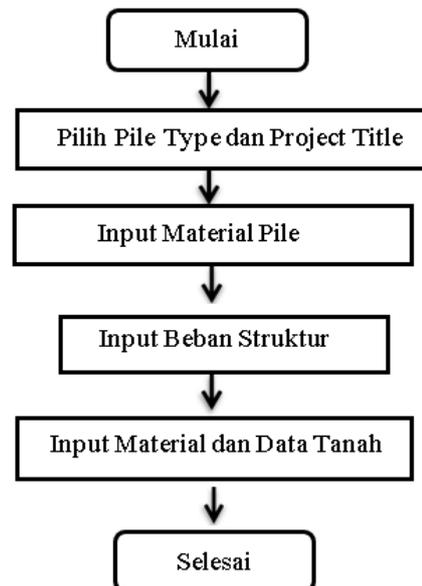
4. Faktor Keamanan

$$Qa = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \quad (18)$$

2.8. Pemodelan Allpile V7.3B

Untuk memulai perhitungan menggunakan *software Allpile*, sebaiknya mengetahui data-data teknis dari tiang pancang tersebut. Data-data tersebut berhubungan dengan data yang dibutuhkan pada perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang. Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang dengan bantuan program Plaxis 2D secara berurutan sebagai berikut :

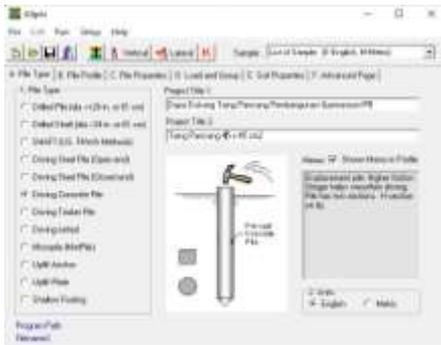
1. Masukan *project title* dan pilih tipe pile pada *Pile Type*
2. Input kedalaman pile dan tinggi muka pile pada *Pile Profile*
3. Input data pile seperti bentuk pile, dan jenis pile pada *Pile Properties*
4. Masukan analisis beban struktur kemudian pilih *single pile* pada *Load and Group*.
5. Input data tanah sesuai data yang telah didapat pada pengujian di lapangan pada bagian *Soil Properties*.



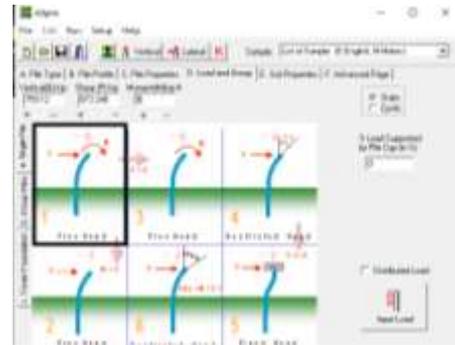
Gambar 5 Flowchart Metodologi Pemodelan Menggunakan Allpile

Tahapan Pemodelan Allpile V7.3B

1. Mulai (*New Project*)
2. Menggunakan *Driving Concrete Pile* dan isi *Project Title*

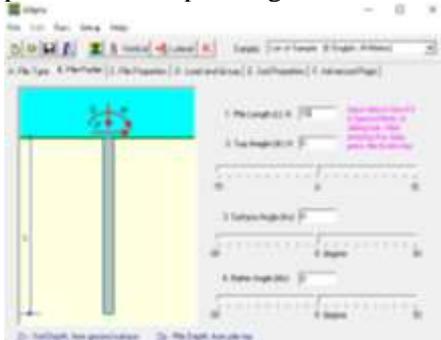


Gambar 6 Pile Type



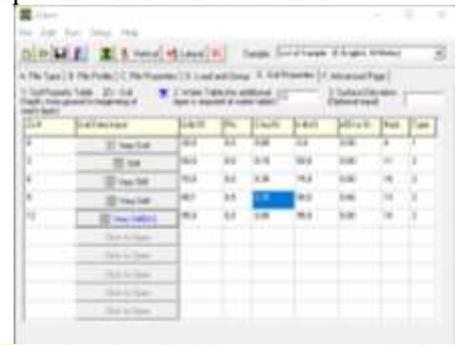
Gambar 9 Pembebanan Pile

3. Input kedalaman pancang



Gambar 7 Pile Profile

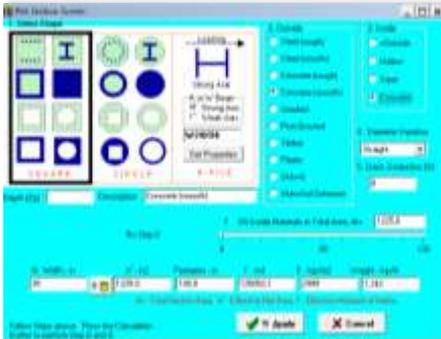
6. Input material dan data tanah



4. Input data pile



Gambar 10 Parameter Tanah



Gambar 8 Pile Properties

5. Input pembebanan pile

7. Output

Hasil output All Pile disajikan dalam bentuk formulir, dimana didalam formulir tersebut sudah tertulis nilai angka Q_u tiang yang telah dianalisis.

2.9. Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi Tiang

1. Efisiensi Tiang

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \quad (19)$$

dengan,

- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n' = Jumlah tiang dalam satu baris
- θ = arc tg d/s , dalam derajat
- d = Diameter tiang

2. Kapasitas Ultimit Kelompok Tiang

$$Q_g = E_g n Q_u \quad (20)$$

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

2.10. Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi

Untuk memudahkan menganalisis maka dibuatkan *flowchart* analisis perhitungan daya dukung tentang urutan hal-hal yang harus dikerjakan sehingga diharapkan pengerjaan perencanaan dapat berurutan dan sistematis.



Gambar 11 Bagan Alir Penelitian

III. PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang perhitungan daya dukung yang sudah disampaikan pada Bab II. Daya dukung ultimit tiang pancang tunggal akan dihitung menggunakan metode *Mayerhoff* dan *Bagemann*, dan dengan pemodelan menggunakan *Software Allpile*. Dan menghitung daya dukung kelompok tiang dengan dimensi tiang pancang 45 x 45 cm.

3.1. Menghitung Daya Dukung Ultimit Tiang Pancang

Karakteristik Pancang

Diketahui data Fondasi :

- Dimensi Tiang Pancang : 45 x 45 cm²
- Panjang Tiang Pancang : 15 m = 1500 cm

- Mutu Beton Tiang Pancang : K-500 ($f_c = 41,50$ Mpa)
- Keliling Tiang Pancang (As) : 4 x 45 cm = 180 cm
- Luas Tiang Pancang ($A_b = A_p$): 45 x 45 cm = 2025 cm²

1. Metode Mayerhoff

- Titik Sondir S1

$q_{c1} 8D = 8 \times 0,45 = 3,6$ m diatas ujung tiang

$q_{c2} 4D = 4 \times 0,45 = 1,8$ m dibawah ujung tiang

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (q_c \times A_p) + (JHL \times P) \\ &= (148,9 \times 2025) + (461,3 \times 180) \\ &= 384.556,5 \text{ kg} \\ &= 3.768,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

SF_1 = Faktor keamanan daya dukung ujung (3)

SF_2 = Faktor keamanan daya dukung friksi (5)

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{q_c \times A_p}{SF_1} + \frac{JHL \times P}{SF_2} \\ &= \frac{148,9 \times 2025}{3} + \frac{461,3 \times 180}{5} \\ &= 117.114,3 \text{ kg} \\ &= 1.147,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

Table 2 Rekapitulasi Metode Mayerhoff

	Q_{ult}	Q_{ijin}
S1	3.768,6 kN	1.147,7 kN
S2	3.928,3 kN	1.193,4 kN
S3	4.078,8 kN	1.705,8 kN

2. Metode Bagemann

- Titik Sondir S1

Tahanan Ujung

$$\begin{aligned} Q_{ujung} &= A_b \times q_c \\ &= 2025 \times 148,9 \\ &= 301.522,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tahanan Gesek

$$\begin{aligned} Q_{friksi1} &= A_s \times q_f \\ &= 211.950 \times 0,500 \\ &= 105.975 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Ultimit} &= Q_{ujung} + Q_{friksi} \\ &= 301.522,5 + 105.975 \\ &= 407.497,5 \text{ kg} \\ &= 3.993,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Faktor Keamanan

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \\ Q_a &= \frac{301.522,5}{3} + \frac{105.975}{1,5} \\ Q_a &= 171.157,5 \text{ kg} \\ &= 1.677,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Table 3 Rekapitulasi Metode Bagemann

	Q_{ult}	Q_{ijin}
S1	3.993,5 kN	1.677,3 kN
S2	4.096,7 kN	1.711,7 kN
S3	4.078,8 kN	1.705,8 kN

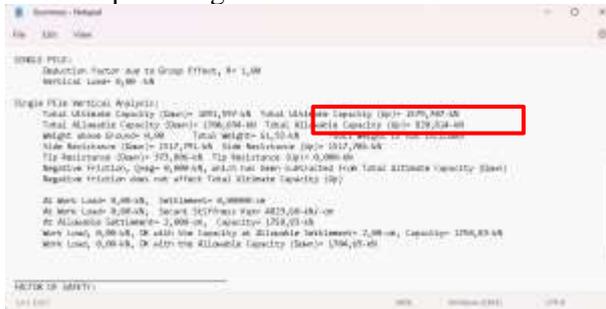
3. Metode Software Allpile V7.3B

Sebelum melakukan pemodelan fondasi tiang pancang, sebaiknya mengetahui data-data teknis dari tiang pancang tersebut. Data-data tersebut berhubungan dengan data yang dibutuhkan pada perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang. Hal ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4 Data Tiang Pancang

No	Keterangan	Nilai
1	Dimensi Tiang Pancang (cm)	45
2	Panjang Tiang Pancang (m)	15
3	Luas Penampang (cm ²)	2025
4	Perimeter (cm)	180
5	Modulus Elastisitas (E) (MPa)	20683
6	Momen Inersia (I) (cm ⁴)	239203,1

- Hasil perhitungan untuk Titik Sondir S1



Sumber : Perhitungan Sendiri, 2023
Gambar 12 Hasil Perhitungan Titik Sondir S1

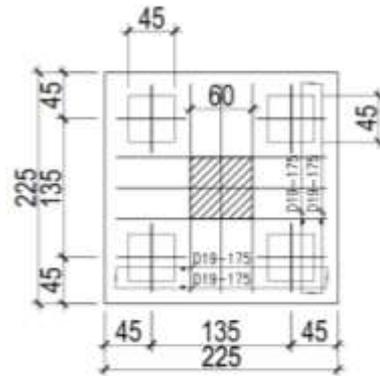
$Q_u = 1.579,707 \text{ kN}$
 $Q_{all} = 820,814 \text{ kN}$

Table 5 Rekapitulasi Software Allpile

	Q_{ult}	Q_{ijin}
S1	1.579,7 kN	820,8 kN
S2	2.259,4 kN	1.160,7 kN
S3	2.132,2 kN	1.097,6 kN

3.2. Kapasitas Kelompok Dan Efisiensi Tiang

1. Efisiensi Tiang



Sumber : PT. Marga Daya Design, 2022
Gambar 13 Dimensi Pile Cap

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

$\theta = \arctan d/s$, dalam derajat
 $\theta = \arctan 45/135$
 $\theta = 18,43^\circ$
 $m = 2$ $n' = 2$
 $E_g = 1 - 18,43 \frac{(2-1)2+(2-1)2}{90 \times 2 \times 2}$
 $E_g = 0,80$

2. Kapasitas Ultimit Kelompok Tiang

$Q_g = E_g n Q_u$
 $Q_g = 0,80 \times 4 \times 820,8$
 $Q_g = 2.626,6 \text{ kN}$

3.3. Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Fondasi

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang

	Mayerhoff			Bagemann			AllPile V7.3B		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
$P \text{ (kN)}$	495,96	495,96	495,96	495,96	495,96	495,96	495,96	495,96	495,96
$Q_u \text{ (kN)}$	3.768,4	3.928,3	3.889,3	3.993,5	4.096,7	4.078,8	1.579,7	2.259,4	2.132,2
$Q_g \text{ (kN)}$	1.347,7	1.393,4	1.176,6	1.677,3	1.711,7	1.705,8	820,8	1.160,7	1.097,0
E_g	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$Q_g \text{ (kN)}$	3.672,6	3.818,9	3.765,1	5.367,4	5.477,4	5.458,6	2.626,6	3.714,2	3.510,4
$n \text{ (tiang)}$	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Cek	aman	aman	aman	aman	aman	aman	aman	aman	aman

Sumber : Perhitungan Sendiri, 2023

Fondasi dikatakan aman apabila hasil dari kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) lebih besar dari beban yang diterima oleh fondasi. Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka dapat disimpulkan bahwa fondasi tiang pancang dengan dimensi

tiang 45x45 cm dan kedalaman 15meter aman digunakan dalam pembangunan gymnasium sekolah vokasi IPB.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis mengenai daya dukung tiang pancang dengan dimensi tiang 45x45cm dan kedalaman 15meter pada pembangunan Gynasium Sekolah Vokasi IPB dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada ketiga metode perhitungan tersebut titik sondir S1 memiliki nilai daya dukung ultimit (Q_u) terkecil daripada titik sondir S2 dan titik sondir S3. Dengan daya dukung aksial tiang tunggal (Q_u) dan daya dukung ijin (Q_a) pada Mayerhoff sebesar 3.768,6 kN dan 1.147,7 kN, Bagemann sebesar 3.993,5 kN dan 1.677,3 kN, pemodelan *Allpile* V7.3B sebesar 1.579,7 kN dan 820,8 kN.
2. Berdasarkan ketiga metode daya dukung ultimit (Q_u) terkecil terdapat pada metode pemodelan menggunakan *Allpile* V7.3B pada titik sondir S1 sebesar 1.579,7 kN dengan daya dukung ijin (Q_a) sebesar 820,8 kN.
3. Didapatkan nilai efisiensi kelompok tiang (E_g) untuk 4 tiang dengan dimensi 45x45 cm sebesar 0,8. Kapasitas kelompok tiang (Q_g) pada metode Mayerhoff sebesar 3.672,6 kN. Pada metode Bagemann sebesar 5.367,4 kN. Dan dengan pemodelan *Allpile* V7.3B sebesar 2.626,6 kN.
4. Pada perhitungan kapasitas ultimit kelompok tiang dapat disimpulkan bahwa fondasi tiang pancang aman karena hasil dari kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) lebih besar dari beban yang diterima oleh fondasi.
5. Dari hasil perhitungan daya dukung menggunakan 3 metode, perhitungan daya dukung menggunakan *Allpile* V7.3B yang paling aman digunakan karena nilai daya dukung tunggal dan kelompok memiliki nilai paling kecil.

4.2. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk melakukan analisis daya dukung fondasi hendaknya memperoleh data-data yang lengkap dan valid, karena data-data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisis perhitungan yang tepat.
2. Sebelum melakukan pemodelan dengan software *Allpile* sebaiknya memiliki data tanah N-Spt untuk masukan pada bagian halaman properti tanah, karena pada halaman tersebut dibutuhkan data kohesi tanah agar memudahkan proses input data serta menghasilkan output yang akurat.

Dalam perhitungan daya dukung fondasi sebaiknya menggunakan beberapa metode perhitungan dengan tujuan untuk membandingkan nilai daya dukung fondasi tersebut dan dapat diambil hasil yang terkecil, karena semakin kecil nilai daya dukung yang didapat maka semakin aman fondasi tersebut dari keruntuhan geser.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggi Yani, D. S., 2021, *Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Perkantoran Menggunakan Data Spt Dan Sondir Dengan Metode Décourt-Quaresma 1982, Mayerhof 1956, Schmertmann 1975 Dan Lcpc 1982*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
- Bowles, J. E., 1986, *Analisa dan Disain Pondasi Jilid 2 Edisi Ke 3*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Civiltech Software, 2011, *Manual Book Allpile Version 7 Volume 1 and 2*. CivilTech Software Bellevue, WA U.S.A, United States of America
- Hardiyatmo, H. C., 2006, *Teknik Fondasi 1*, Penerbit Beta Offset, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C., 2008, *Teknik Fondasi 2*, Penerbit Beta Offset Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- HS, Sardjono., 1991, *Pondasi Tiang Pancang*, Penerbit CV. Sinar Wijaya, Surabaya
- Husain, H., 2015, *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Abdurrah
- Lim, A., & Vinsensius Limas, 2014, *Evaluasi Formula Penentuan Daya Dukung Aksial*

- Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Data CPT Berdasarkan Metode Langsung(Direct Method)*, Universitas Katolik Parahyangan
- Manurung, E., 2019, *Pengaruh Hasil Sondir Terhadap Daya Dukung Tiang Pancang Pondasi Bangunan*, Universitas Mpu Tantular
- Munirwansyah, Munirwan, R. P., & Mufid, F, 2022, *Analisa Daya Dukung Axial Pondasi Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Kalendering Hasil Uji Pile Driving Analyser*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia
- Nurtjahjaningtyas, I., & Putra, P. P., 2019, *Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Program Allpile V6.52 dengan Metode Empiris O'Neil dan Reese (Studi Kasus:Proyek Trans Icon Surabaya)*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember
- Sosrodarsono, D., & Nakazawa, K., 2000, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Warih, B., 2020, *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis dan Software Plaxis (Studi kasus : Proyek Pembangunan Rumah Kost Kebayoran Lama - Jakarta Selatan)*, Universitas Pakuan Bogor
- Yani, D. A., 2021, *Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Perkantoran Menggunakan Data Spt Dan Sondir Dengan Metode Décourt-Quaresma 1982, Mayerhof 1956, Schmertmann 1975 Dan LCPC 1982*, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- Yumita, M., & Yakin, Y. A., 2017, *Analisis Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang Pada Tanah Lempung Cimencrang*, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor.
- ³⁾ Heny Purwanti, S.T.,M.T. Staf Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Pakuan, Bogor.

BIODATA PENULIS

- ¹⁾ Jihan Su'udiah Mawardah, ST. Alumni (2023) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor (E-mail : jihansuudiah02@gmail.com)
- ²⁾ Ir. Hikmad Lukman, M.T. Staf Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil,