

## Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Hasil Data Sondir, N-SPT dan Data Laboratorium

Ghina Amalia\*<sup>1</sup>, Utari Sriwijaya Minaka<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri, Palembang.  
e-mail: [\\*ghina@uigm.ac.id](mailto:*ghina@uigm.ac.id)

### Abstract

*The need for boards is closely related to a building which not only functions as a residence but also as a place for almost all human activities such as offices, business premises and so on. The increase in population has caused the availability of land to become increasingly narrow, resulting in a large number of vertical building developments or high-rise buildings. In order to be able to fulfill the primary human need for shelter, these multi-storey buildings must not only provide comfort but also be safe. A safe building is obtained from accurate planning of all structural components of the construction, one of which is the foundation. There are many methods used to analyze the bearing capacity of soil, especially for pile foundations. The aim of this research is to compare the bearing capacity values of piles based on sondir data using the Mayerhoff and Aoki&De Alencar, N-SPT methods with Mayerhoff, Reese&Wright, Reese&O'nail and laboratory data on the 3-story Student Flats construction project at Indo Global Mandiri University. Based on the analysis that has been carried out, the carrying capacity results obtained by each method are different. This difference is because each method has its own efficiency and correction factor. From this analysis, the method that produces the lowest ultimate carrying capacity value is the method based on laboratory data, while the highest is the Mayerhoff method based on sondir data. The lab data method which produces the lowest ultimate bearing capacity will require a higher safety figure in planning pile foundations compared to other methods, so this method is the safest method to use in analyzing the bearing capacity of pile foundations.*

**Keywords:** Mayerhoff, Aoki and De Alencar, Reese&Wright, Reese&O'nail

### Abstrak

*Kebutuhan papan erat kaitannya dengan suatu bangunan yang tidak hanya berfungsi sebagai hunian tapi juga menjadi tempat hampir seluruh aktifitas manusia seperti perkantoran, tempat usaha dan lain sebagainya. Meningkatnya jumlah penduduk yang menyebabkan ketersediaan lahan semakin menyempit menyebabkan banyaknya pembangunan Gedung secara vertikal atau bangunan-bangunan bertingkat tinggi. Agar mampu memenuhi kebutuhan primer manusia akan papan, bangunan-bangunan bertingkat tersebut selain harus memberikan kenyamanan juga harus aman. Bangunan yang aman didapatkan dari ketepatan perencanaan semua komponen struktur konstruksinya salah satunya fondasi. Ada banyak metode yang digunakan dalam menganalisis daya dukung tanah khususnya untuk fondasi tiang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir dengan metode Mayerhoff dan Aoki&De Alencar, N-SPT dengan Mayerhoff, Reese&Wright, Reese&O'nail dan data laboratorium pada proyek pembangunan Rumah Susun Mahasiswa 3 Lantai Universitas Indo Global Mandiri. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan hasil daya dukung yang didapatkan masing-masing metode berbeda. Perbedaan ini dikarenakan tiap metode memiliki koefisien serta faktor koreksi tersendiri. Dari analisis tersebut, metode yang menghasilkan nilai daya dukung ultimit paling rendah adalah metode berdasarkan data lab, sedangkan yang paling tinggi adalah metode mayerhoff berdasarkan data sondir. Metode data lab yang menghasilkan daya dukung ultimit paling rendah,*

akan membutuhkan angka keamanan yang tinggi dalam perencanaann fondasi tiang dibandingkan metode lain, sehingga metode ini merupakan metode yang paling aman untuk digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang.

**Kata kunci:** Mayerhoff, Aoki dan De Alencar, Reese&Wright, Reese&O'nail

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia memiliki beberapa tingkatan atau yang disebut dengan hierarki kebutuhan Dimana teori yang menjelaskan tentang hierarki kebutuhan ini dipaparkan oleh Abraham Maslow. Abraham Maslow mengatakan bahwa kebutuhan yang berada pada tingkatan teratas dalam kehidupan keseharian manusia disebut kebutuhan pokok atau primer. Kebutuhan primer ini antara lain kebutuhan akan sandang, pangan dan papan (Maslow, 1943). Kebutuhan akan papan erat kaitannya dengan suatu bangunan yang berfungsi sebagai hunian tempat tinggal (Ayuni, Usman, & Rahim, 2023). Namun semakin berkembangnya jaman, fungsi bangunan yang awalnya sebagai hunian tempat tinggal mulai meluas. Bangunan kini bertransformasi menjadi tempat hampir seluruh aktifitas manusia seperti perkantoran, tempat usaha dan lain sebagainya (Meivian, 2021). Meningkatnya jumlah penduduk yang menyebabkan ketersediaan lahan semakin menyempit terutama di kota-kota besar menyebabkan bangunan-bangunan yang dahulunya hanya terdiri dari satu atau dua lantai, kini menjadikan banyaknya pembangunan Gedung secara vertikal atau bangunan-bangunan bertingkat tinggi (Sakul, Sumajouw, & Dapas, 2019). Agar mampu memenuhi kebutuhan primer manusia akan papan, bangunan-bangunan bertingkat tersebut selain harus memberikan kenyamanan juga harus aman. Bangunan yang aman didapatkan dari ketepatan perencanaan semua komponen struktur konstruksinya. Struktur bangunan Gedung terdiri dari struktur atas dan struktur bawah dimana struktur atas adalah komponen struktur yang berada di atas muka tanah. Sedangkan struktur bawah adalah bagian struktur yang berada di bawah muka tanah, salah satunya adalah fondasi (SNI 1726, 2012). Fondasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam atau biasa disebut fondasi tiang. Penentuan jenis fondasi selain didasarkan pada beban bangunan di atas, juga berdasarkan kondisi lapisan tanah di bawahnya dan letak tanah keras. Semakin dalam tanah kerasnya dan semakin besar beban bangunan yang akan dipikul, maka biasanya fondasi yang akan digunakan adalah fondasi dalam atau fondasi tiang (Hardiyatmo, 2011). Fondasi merupakan komponen struktur yang berfungsi untuk memikul beban yang berada di atasnya lalu menyalurkannya ke tanah (Bowles, 1992). Oleh sebab itu keberadaan fondasi menjadi sangat penting khususnya pada bangunan bertingkat sehingga perencanaan fondasi harus dianalisis dengan tepat. Dalam merencanakan pondasi, nilai daya dukung tanah merupakan indikator penting yang menunjukkan kekuatan dari pondasi tiang yang direncanakan tersebut. Hal ini dikarenakan daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul beban di atasnya atau besar tekanan maksimum yang diijinkan bekerja pada tanah (Pamungkas & Harianty, 2013) Ada banyak metode yang digunakan dalam menganalisis daya dukung tanah khususnya untuk pondasi tiang, di antaranya metode yang berdasarkan data *insitu test* seperti hasil sondir atau N-SPT dan berdasarkan data parameter pengujian sifat fisik dan mekanis laboratorium. Metode-metode tersebut mempunyai rumusan dan keefisien yang berbeda, sehingga akan menghasilkan nilai daya dukung yang tidak sama (Ahmad & Surahman, 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan nilai daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir, N-SPT dan parameter tanah hasil uji labortairum pada proyek pembangunan Rumah Susun Mahasiswa 3 Lantai Universitas Indo Global Mandiri. Dengan membandingkan nilai daya dukung dari beberapa metode ini diharapkan akan terlihat metode mana yang menghasilkan nilai daya dukung pondasi tiang yang paling aman.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang bersumber dari hasil *soil investigation* CV. ACE 4 pada proyek pembangunan Rumah Susun Mahasiswa Universitas Indo

Global Mandiri. Data-data yang digunakan antara lain data sondir, data N-SPT dan data hasil pengujian laboratorium.

## 2.2 Analisis Daya Dukung Berdasarkan Data Hasil Sondir

Secara umum pengertian daya dukung ultimit pada setiap metode sama. Daya dukung ultimit merupakan hasil penjumlahan antara daya dukung ujung tiang dan daya dukung kulit/gesekkan di sepanjang tiang, dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

Dimana,

$Q_u$  = Daya dukung ultimit pondasi tiang (kg)

$Q_b$  = Daya dukung di ujung tiang (kg)

$Q_s$  = Daya dukung kulit di sepanjang tiang (kg)

Hanya saja beberapa metode memiliki koefisien-koefisien tertentu yang berbeda satu sama lain. Pada penelitian ini metode yang digunakan dalam menganalisis daya dukung tiang berdasarkan data hasil sondir adalah metode Aoki dan De Alencar (1975) dan metode langsung (Setiyo, Suhendra, & Nuklirullah, 2019).

### 2.2.1 Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan De Alencar mengusulkan beberapa persamaan dalam daya dukung ultimit pondasi tiang. Antara lain persamaan daya dukung ujung per satuan luas ( $q_b$ ) dan tahanan kulit per satuan luas ( $f$ ). Berikut persamaan untuk menghitung  $q_b$  :

$$q_b = \frac{q_{ca}}{F_b} \quad (2)$$

Dimana,

$q_{ca}$  = Perlawanan konus ( $q_c$ ) rata-rata di sepanjang 1,5D di atas titik ujung tiang hingga 1,5D di bawah ujung tiang ( $\text{kg/m}^2$ )

$D$  = Diameter tiang (m)

$F_b$  = Faktor empirik tahanan tiang tergantung pada tipe tiang (Tabel 1)

Sedangkan untuk menghitung tahanan kulit per satuan luas ( $f$ ), Aoki dan De Alencar mengusulkan persamaan berikut :

$$f = q_{c(side)} \frac{\alpha_s}{F_s} \quad (3)$$

Dimana,

$q_{c(side)}$  = Perlawanan konus ( $q_c$ ) rata-rata pada tiap lapisan di sepanjang tiang ( $\text{kg/m}^2$ )

$\alpha_s$  = Faktor empirik berdasarkan tipe tanah (Tabel 2)

$F_s$  = Faktor empirik tahanan kulit tiang berdasarkan tipe tiang (Tabel 1)

**Tabel 1 Faktor Empirik  $F_b$  dan  $F_s$**

Tipe Pondasi Tiang	$F_b$	$F_s$
Tiang Bor	3,5	7
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

(Titi & Farsakh, 1999)

Sehingga persamaan daya dukung ultimit berdasarkan metode Aoki dan De Alencar menjadi,

$$Q_u = q_b \cdot A_p + f \cdot A_s \quad (4)$$

Dimana,

- $Q_u$  = Daya dukung ultimit pondasi tiang (kg)  
 $q_b$  = Daya dukung di ujung tiang per satuan luas ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $\text{m}^2$ )  
 $f$  = Tahanan kulit per satuan luas ( $\text{kg/m}^2$ )  
 $A_s$  = Luas kulit tiang ( $\text{m}^2$ )

**Tabel 2 Nilai Faktor Empirik Berdasarkan Tipe Tanah**

Tipe Tanah	$\alpha_s$ (%)	Tipe Tanah	$\alpha_s$ (%)
Pasir	1,4	Lanau Berlempung dengan Pasir	3,0
Pasir Kelanauan	2,0	Lanau Berlempung	3,4
Pasir Kelanauan dengan Lempung	2,4	Lempung Berpasir	2,4
Pasir Berlempung dengan Lanau	2,8	Lempung Berpasir dengan Lanau	2,8
Pasir Berlempung	3,0	Lempung Berlanau dengan Pasir	3,0
Pasir Berlanau	2,2	Lempung Berlanau	4,0
Pasir Berlanau dengan Lempung	2,8	Lempung	6,0
Lanau	3,0		

(Titi & Farsakh, 1999)

### 2.2.2 Metode Langsung

Metode ini dikemukakan oleh beberapa ahli seperti Mayerhoff, Tomlinson dan Bageman. Secara umum daya dukung pondasi tiang ultimit pada metode ini dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$Q_u = q_c \cdot A_p + \text{JHL} \cdot K_t \quad (5)$$

Dimana,

- $Q_u$  = Daya dukung ultimit pondasi tiang (kg)  
 $q_c$  = Perlawanan penetrasi konus pada kedalaman yang ditinjau ( $\text{kg/m}^2$ )  
 \*Mayerhoff memberikan faktor koreksi untuk  $q_c$ , Dimana nilai  $q_c$  yang digunakan adalah  $q_c$  rata-rata dari sepanjang  $8D$  di atas ujung tiang hingga  $3D$  di bawah ujung tiang.  
 $\text{JHL}$  = Jumlah hambatan lekat ( $\text{kg/m}$ )  
 $K_t$  = Keliling tiang (m)  
 $A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $\text{m}^2$ )

### 2.3 Analisis Daya Dukung Berdasarkan Data Hasil N-SPT

Sama seperti pengujian sondir, SPT merupakan *insitu test*. SPT dilakukan bersamaan dengan proses pengeboran. Pengeboran dilakukan untuk melihat jenis-jenis lapisan tanah yang berada di bawah dan SPT dapat mengetahui karakteristik lapisan tanah berdasarkan nilai perlawanan tanah ketika dilakukan penumbukan (Basoka, 2020). Nilai SPT menunjukkan tingkat kepadatan dan konsistensi tiap lapisan tanah, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 dan 4 di bawah ini.

**Tabel 3 Hubungan Nilai N-SPT, Kepadatan Relatif, dan Sudut Geser Dalam Tanah untuk Pasir**

Nilai N-SPT	Kepadatan Relatif	Sudut Geser Dalam	
		Peck	Mayerhoff
2 – 4	Sangat Lepas	0,0 – 0,2	< 28,5
4 – 10	Lepas	0,2 – 0,4	< 30
10 – 30	Sedang	0,4 – 0,6	28,5 – 30
30 – 50	Padat	0,6 – 0,8	30 – 36
> 50	Sangat Padat	0,8 – 1,0	36 – 41
			41 – 45
			>45

(Hardiyatmo H. , 1992)

**Tabel 4 Hubungan Nilai N-SPT dan Tegangan Geser *Unconfined* untuk Lempung**

N-SPT	Konsistensi Lempung	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )
< 2	Sangat Lunak	< 0,25
2 – 4	Lunak	0,25 – 0,5
4 – 8	Sedang	0,5 – 1,0
8 – 15	Keras	1,0 – 2,0
15 – 30	Sangat Keras	2,0 – 4,0
> 30	Padat	>4

(Hardiyatmo H. , 1992)

Sama halnya dengan metode lain, dalam menganalisis daya dukung ultimit tiang pancang berdasarkan data N-SPT menggunakan persamaan umum seperti pada persamaan 1. Namun secara detail untuk analisis daya dukung pondasi tiang berdasarkan data hasil N-SPT dapat dilakukan menggunakan 3 metode, diantaranya Metode Mayerhof, Reese & Wtight, atau Reese&O'Neil (Septianto, Yani, & Sarie, 2023). Persamaan-persamaan tersebut dijabarkan sebagai berikut :

### 2.3.1 Metode Mayerhof (1976)

#### a. Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_b$ )

Mayerhof mengusulkan persamaan untuk menghitung daya dukung ujung tiang ( $Q_b$ ) berdasarkan data N-SPT sama untuk semua jenis tanah, yaitu :

$$Q_b = 40 \cdot N_b \cdot A_p \quad (6)$$

Dimana :

$Q_b$  = Daya dukung ujung tiang (kg)

$N_b$  = Harga N-SPT terkoreksi yaitu N-SPT rata-rata dari sepanjang 8D di atas hingga 4D di bawah elevasi ujung tiang

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

#### b. Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

Persamaan untuk menganalisis daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) didasarkan pada jenis lapisan tanah, yaitu :

- Non Kohesif

$$Q_s = 0,2 \cdot N \cdot L \cdot P \quad (7)$$

- Kohesif

$$Q_s = 0,5 \cdot N \cdot L \cdot P \quad (8)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya Dukung Selimut (kg)

$N$  = Harga N-SPT Rata-rata di sepanjang tiang.

$L$  = Panjang tiang (m)

$P$  = Keliling selimut tiang (m)

### 2.3.2 Metode Reese&Wright (1977)

Persamaan daya dukung ujung maupun selimut tiang pada metode ini didasarkan pada jenis lapisan tanah. Berdasarkan data sekunder yang didapatkan, dianggap lapisan tanah pada penelitian ini didominasi tanah kohesif, sehingga persamaan yang digunakan adalah untuk tanah kohesif seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini

a. Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_b$ )

$$Q_b = 9 \cdot C_u \cdot A_p \quad (9)$$

$$C_u = 2/3 \cdot N\text{-SPT} \cdot 10 \quad (10)$$

Dimana :

$Q_b$  = Daya dukung ujung tiang (kg)

N-SPT = Harga N-SPT pada elevasi ujung tiang

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )

$C_u$  = Kohesi Tanah ( $kN/m^2$ )

b. Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot L \cdot P \quad (11)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (kg)

L = Panjang tiang (m)

P = Keliling selimut tiang (m)

$\alpha$  = Nilai faktor adhesi = 0,55

### 2.3.3 Metode Reese & O'Neil (1989)

Persamaan daya dukung fondasi tiang pada metode ini hampir sama dengan metode yang dikemukakan Reese & Wright pada tahun 1977. Metode ini juga berdasarkan jenis tanah. Perbedaan terdapat pada beberapa koefisien dan koreksi N-SPT, seperti yang dijabarkan pada persamaan di bawah ini :

a. Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_b$ )

$$Q_b = 9 \cdot C_u \cdot A_p \quad (12)$$

$$C_u = 2/3 \cdot N_b \cdot 10 \quad (13)$$

Dimana :

$Q_b$  = Daya dukung ujung tiang (kg)

N-SPT = Harga N-SPT terkoreksi yaitu N-SPT rata-rata dari sepanjang 8D di atas hingga 4D di bawah elevasi ujung tiang

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )

$C_u$  = Kohesi Tanah ( $kN/m^2$ )

b. Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_s$ )

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot L \cdot P \quad (14)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (kg)

L = Panjang tiang (m)

P = Keliling selimut tiang (m)

$\alpha$  = Nilai faktor adhesi = 0,55

#### 2.4 Analisis Daya Dukung Berdasarkan Data Parameter Pengujian Laboratorium

Metode yang digunakan untuk menganalisis daya dukung fondasi tiang pada penelitian ini adalah metode Mayerhoff. Data-data laboratorium yang digunakan untuk menganalisis menggunakan metode ini diantaranya data berat volume tanah, nilai kohesi dan besar sudut gesek dalam, serta data bor log untuk melihat ketebalan tiap jenis lapisan tanah. Persamaan analisis daya dukung pondasi tiang menggunakan Metode mayerhoff didasarkan pada jenis tanah. Berdasarkan data pengujian laboratorium terlihat bahwa tanah memiliki nilai kohesi dan sudut geser dalam, sehingga digunakan persamaan daya dukung untuk fondasi tiang pada tanah  $C - \phi$  atau campuran kohesi – granuler, seperti yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini,

$$Q_u = Q_b + \Sigma Q_s \text{ (komponen kohesi)} + \Sigma Q_s \text{ (komponen granuler)} - W_p \quad (15)$$

Dengan,

a. Daya Dukung Ujung Tiang ( $Q_b$ )

$$Q_b = A_p \cdot (1,3 \cdot C_b \cdot N_c + p'_b \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot d \cdot N_\gamma) \quad (16)$$

Dimana,

$Q_b$  = Daya dukung ujung tiang (kg)

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )

$C_b$  = Kohesi tanah pada ujung tiang ( $kg/m^2$ )

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor kapasitas dukung (tabel 5)

$d$  = Diameter ujung tiang (m)

$\gamma$  = berat volume tanah di ujung tiang ( $kg/m^3$ )

$p'_b$  = Tekanan overburden pada ujung tiang

$$= \sum \gamma_i \cdot z_i$$

$\gamma_i$  = Berat volume tanah masing-masing lapisan di sepanjang tiang ( $kg/m^3$ )

$z_i$  = Ketebalan masing-masing lapisan tanah di sepanjang tiang (m)

**Tabel 5 Hubungan antara nilai  $\phi$ ,  $N_c$ ,  $N_q$  dan  $N_\gamma$  menurut Mayerhoff, Hansen dan Vesic**

$\phi^\circ$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5,14	1	0
5	6,49	1,6	0,1
10	8,34	2,5	0,4
15	10,97	3,9	1,2
20	14,83	6,4	2,9
25	20,71	10,7	6,8
26	22,25	11,8	7,9
28	25,79	14,7	10,9
30	30,13	18,4	15,1
32	35,47	23,2	20,8
34	42,14	29,4	28,7
36	50,55	37,7	40,0
38	61,31	48,9	56,1
40	75,25	64,1	79,4
45	133,73	134,7	200,5
50	266,50	318,5	567,4

(Martini, 2009)

b. Daya Dukung Selimut Tiang ( $Q_s$ )

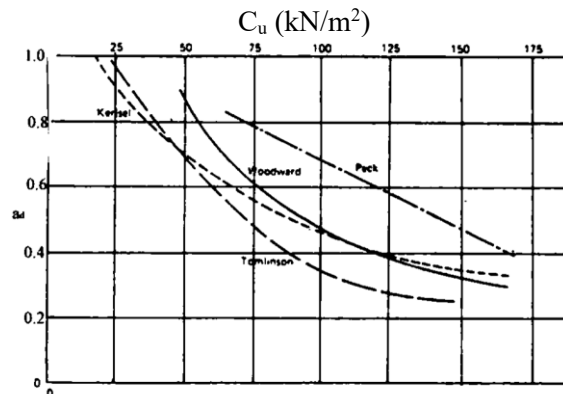
- Komponen Kohesi

$$Q_s = a_d \cdot C_u \cdot A_s \quad (17)$$

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (kg)

- $C_u$  = Kohesi Tanah ( $kg/m^2$ )
- $A_s$  = Luas selimut tiang ( $m^2$ )
- $a_d$  = Faktor Adhesi (gambar 1)



**Gambar 1. Faktor Adhesi McClelland, 1974**  
(Hardiyatmo H., Teknik Fondasi II, 2018)

- Komponen Granuler

$$Q_s = K_d \cdot \bar{p}'_0 \cdot A_s \cdot \text{tg} \delta_d \tag{18}$$

Dimana :

- $Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (kg)
- $A_s$  = Luas selimut tiang ( $m^2$ )
- $\bar{p}'_0$  = Tekanan overburden efektif rata-rata di sepanjang tiangn ( $kg/m^2$ )
- $K_d$  = Koefisien tekanan tanah yang tergantung dari kondisi tanah (tabel 6)
- $\delta_d$  = Sudut gesek antara dinding tiang dan tanah (tabel 7)

**Tabel 6 Nilai  $K_d$  Menurut Brom dan**

Bahan Tiang	Kd	
	Pasir Tak Padat	Pasir Padat
Baja	0,5	1
Beton	1	2
Kayu	1,5	4

(Setiawan, Zulaicha, & Hadisaputro, 2020)

**Tabel 7 Nilai  $\delta_d$  Menurut Aas (1966)**

Bahan Tiang	$\delta_d = \phi'_d$
Baja	$20^0$
Beton	$0,75 \cdot \phi$
Kayu	$0,66 \cdot \phi$

(Hardiyatmo H., Teknik Fondasi II, 2018)

- c. Berat Sendiri Tiang ( $w_p$ )

Berat sendiri tiang didefinisikan sebagai perkalian antara berat volume material tiang yang digunakan dan volume tiang dan dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$W_p = \gamma_{\text{tiang}} \cdot A_p \cdot z \tag{19}$$

Dimana,

- $W_p$  = Berat Sendiri Tiang (kg)



- $A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )  
 $z$  = Panjang tiang (m)  
 $\gamma_{tiang}$  = Berat volume tiang berdasarkan jenis material yang digunakan ( $kg/m^3$ )

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data-data Sekunder

##### 3.1.1. Data Sondir

Tabel berikut menyajikan data hasil pengujian sondir di salah satu titik pada proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa Universitas Indo Global Mandiri yang telah dilakukan oleh CV.ACE 4,

**Tabel 8 Data Hasil Pengujian Sondir**

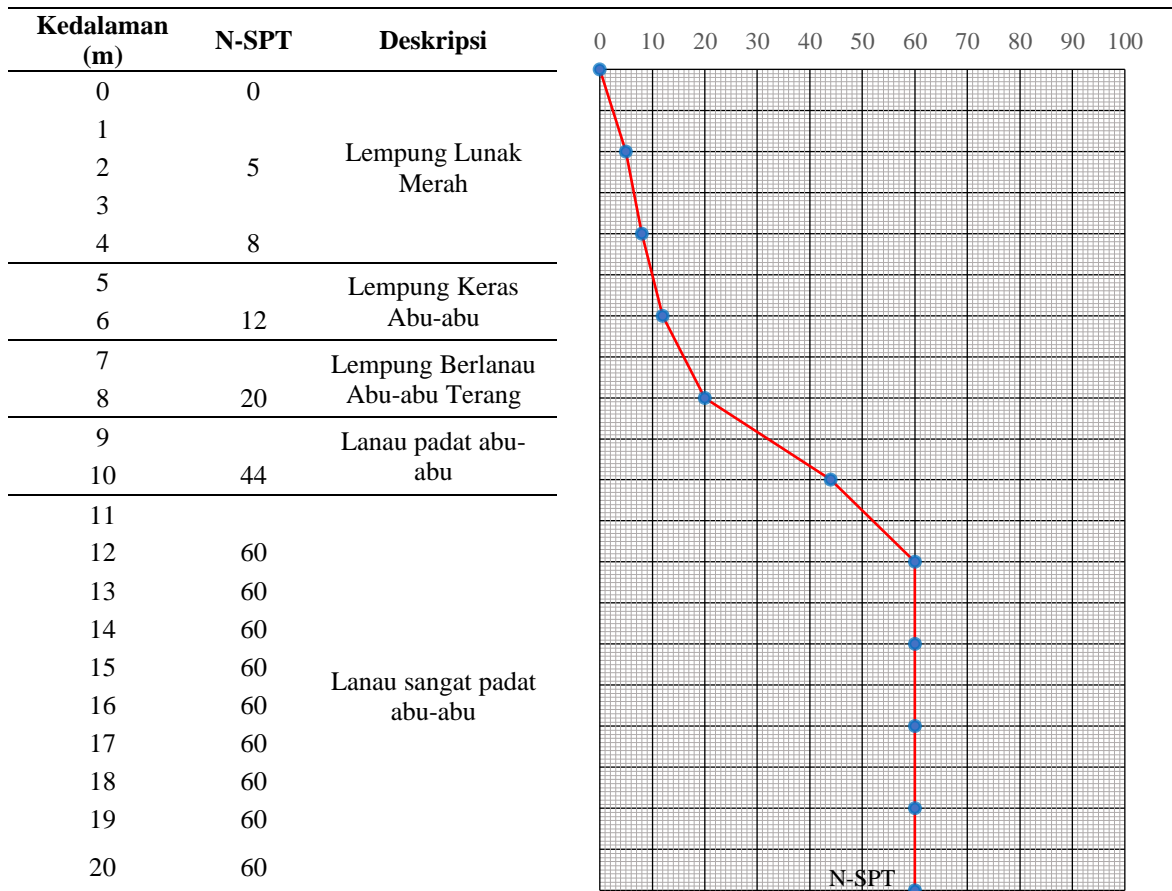
Kedalaman (m)	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	JHL (kg/cm)
0,00	0,000	0,000
0,20	7,491	14,521
0,40	10,702	29,042
0,60	21,403	56,269
0,80	21,403	92,571
1,00	26,754	119,798
1,20	26,754	156,101
1,40	26,754	192,403
1,60	32,105	237,782
1,80	32,105	283,160
2,00	37,455	337,613
2,20	42,806	392,067
2,40	42,806	437,445
2,60	48,157	473,748
2,80	48,157	515,496
3,00	37,455	560,874
3,20	42,806	597,176
3,40	48,157	624,403
3,60	37,455	669,782
3,80	42,806	715,160
4,00	42,806	778,689
4,20	42,806	833,143
4,40	42,806	887,597
4,60	48,157	969,277
4,80	53,508	1060,034
5,00	53,508	1178,017
5,20	53,508	1296,000
5,40	69,560	1395,832
5,60	69,560	1513,815
5,80	69,560	1631,798
6,00	74,911	1758,857
6,20	90,963	1876,840
6,40	90,963	1994,824
6,60	96,314	2130,958
6,80	101,665	2267,092
7,00	101,665	2403,227
7,20	107,015	2557,513
7,40	133,769	2675,496
7,60	133,769	2875,160
7,80	133,769	3074,824

(Sumber : CV. ACE 4)

**3.1.2. Data N-SPT**

Tabel berikut menyajikan data hasil pengujian N-SPT dan Bor di salah satu titik pada proyek Pembangunan Rumah Susun Mahasiswa Universitas Indo Global Mandiri yang telah dilakukan oleh CV.ACE 4,

**Tabel 9 Data Hasil N-SPT dan Bor Log**



(CV. ACE 4)

**3.1.3. Data Laboratorium**

Data laboratorium yang digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang diantaranya berat volume tanah, kohesi dan sudut geser dalam. Data-data ini disajikan pada tabel di bawah ini :

**Tabel 10 Data Hasil Pengujian Laboratorium**

Kedalaman (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\phi^0$	c (kg/m <sup>2</sup> )
0 – 5,5	1.374	7,14	1.191,03
5,5 - 10	1.820	16	3.530,87

(CV. ACE 4)

**3.1.4. Data Fondasi**

Berdasarkan data di atas, kedalaman fondasi direncanakan dengan kedalaman (z) 7 m. Fondasi berbentuk lingkaran dengan diameter (d) fondasi 30 cm dan bertipe tiang bor. Sehingga didapatkan data-data berikut :

a. Keliling Tiang ( $K_t$ )  
 $K_t = \pi \cdot d$

b. Luas Penampang Tiang ( $A_p$ )  
 $A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$$= \pi \cdot 30 \text{ cm} = 94,29 \text{ cm}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (30 \text{ cm})^2 = 707,143 \text{ cm}^2$$

c. Luas Selimut Tiang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} A_s &= K_t \cdot z \\ &= 94,29 \text{ cm} \cdot 700 \text{ cm} = 66000 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Data-data fondasi di atas kemudian akan digunakan pada perhitungan setiap metode.

### 3.2 Daya Dukung Fondasi Tiang

#### 3.2.1. Berdasarkan Data Sondir

##### 3.2.1.1. Metode Aoki dan De Alencar.

Dengan menggunakan persamaan 2, 3 dan 4 didapatkan :

**Tabel 11 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang Metode Aoki dan de Alencar**

$q_{ca}$ (Rata-rata $q_c$ dari kedalaman 6,65 m sampai dengan 7,45 m)	= 108,806 kg/cm <sup>2</sup>
$F_b$ (Tiang bor, tabel 1)	= 3,5
$F_s$ (Tiang bor, tabel 1)	= 7
$\alpha_s$ (Diambil tanah lempung, tabel 2)	= 6%
$q_b$ (Persamaan 2)	= 30,8816 kg/cm <sup>2</sup>
$F$ (Persamaan 3)	= 0,413 kg/cm <sup>2</sup>
$Q_b$ (Persamaan 4)	= 21.837,7 kg = 21,8377 ton
$Q_s$ (Persamaan 4)	= 27.276,72 kg = 27,277 ton
<b><math>Q_u</math> (Persamaan 4)</b>	<b>= 49,1142 ton</b>

##### 3.2.1.2. Metode Langsung

Dengan menggunakan persamaan 5, didapatkan

**Tabel 12 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang Metode Langsung**

$q_c$ (Rata-rata $q_c$ dari kedalaman 4,6 m sampai dengan 7,8 m)	= 87,186 kg/cm <sup>2</sup>
JHL (Rata-rata sepanjang tiang)	= 2403,227 kg/cm
$Q_b$ (Persamaan 5)	= 61.653,04 kg = 61,653 ton
$Q_s$ (Persamaan 5)	= 226.590 kg = 226,590 ton
<b><math>Q_u</math> (Persamaan 5)</b>	<b>= 288,243 ton</b>

#### 3.2.2. Berdasarkan Data N-SPT

Berdasarkan data bor log yang ditunjukkan pada table 9, disimpulkan lapisan tanah didominasi tanah yang bersifat kohesif. Sehingga persamaan-persamaan yang digunakan adalah persamaan untuk tanah kohesif.

##### 3.2.2.1. Metode Mayerhof

Rekapitulasi perhitungan daya dukung berdasarkan data N-SPT dengan metode Mayerhoff disajikan pada table di bawah ini,

**Tabel 13 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang Metode N-SPT Mayerhoff**

$N_b$ (Rata-rata N-SPT dari kedalaman 4,6 m sampai dengan 8,2 m)	= 15,75
$N$ (Rata-rata N-SPT di sepanjang tiang)	= 8,2
$Q_b$ (Persamaan 6)	= 44,55 ton
$Q_s$ (Persamaan 8)	= 27,06 ton
<b><math>Q_u</math> (Persamaan 1)</b>	<b>= 71,61 ton</b>

### 3.2.2.2. Metode Reese&Wright

Rekapitulasi perhitungan daya dukung berdasarkan data N-SPT dengan metode Mayehoff disajikan pada tabel di bawah ini,

**Tabel 14 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang Metode N-SPT Reese&Wright**

N-SPT (tepat di ujung tiang)	= 16
Cu (Persamaan 10)	= 10,667 ton/m <sup>2</sup>
Q <sub>b</sub> (Persamaan 9)	= 6,7885 ton
Q <sub>s</sub> (Persamaan 11)	= 38,72 ton
<b>Q<sub>u</sub> (Persamaan 1)</b>	<b>= 45,50857 ton</b>

### 3.2.2.3. Metode Reese&O'Neil

Rekapitulasi perhitungan daya dukung berdasarkan data N-SPT dengan metode Mayehoff disajikan pada tabel di bawah ini,

**Tabel 15 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang Metode N-SPT Reese&O'Neil**

N-SPT (Rata-rata N-SPT dari kedalaman 4,6 m sampai dengan 8,2 m)	= 15,75
Cu (Persamaan 13)	= 10,55 ton/m <sup>2</sup>
Q <sub>b</sub> (Persamaan 12)	= 6,6825 ton
Q <sub>s</sub> (Persamaan 14)	= 38,115 ton
<b>Q<sub>u</sub> (Persamaan 1)</b>	<b>= 44,7975 ton</b>

### 3.2.3. Daya Dukung Fondasi Tiang Berdasarkan Data Laboratorium

Berdasarkan data laboratorium, masing-masing lapisan tanah memiliki nilai kohesi dan sudut geser dalam, sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan untuk jenis tanah kohesi granuler.

#### a. Daya Dukung Ujung Fondasi (Q<sub>b</sub>)

Rekapitulasi perhitungan daya dukung ujung fondasi disajikan pada tabel di bawah ini,

**Tabel 16 Rekapitulasi Daya Dukung Ujung Fondasi**

p' <sub>b</sub>	= 10.287 kg/ m <sup>2</sup>
C <sub>b</sub> (Tabel 12)	= 3.530,87 kg/ m <sup>2</sup>
γ (Tabel 12)	= 1.820 kg/ m <sup>2</sup>
N <sub>c</sub> (Tabel 5, menggunakan iterasi)	= 11,744
N <sub>q</sub> (Tabel 5, menggunakan iterasi)	= 4,4015
N <sub>γ</sub> (Tabel 5, menggunakan iterasi)	= 1,54102
<b>Q<sub>b</sub> (Persamaan 16)</b>	<b>= 7.093,212 kg</b>
	<b>= 7,093212 ton</b>

#### b. Daya Dukung Selimut Fondasi Kohesi (Q<sub>s kohesi</sub>)

Rekapitulasi perhitungan daya dukung selimut fondasi untuk komponen tanah kohesif (persamaan 17) disajikan pada tabel di bawah ini,

**Tabel 17 Rekapitulasi Daya Dukung Selimut Fondasi Untuk Komponen Kohesif**

Lapisan Tanah (Berdasarkan Data Bor Log, Tabel 9)	C <sub>u</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	A <sub>d</sub> (Gambar 1)	Q <sub>s</sub> (kg)	Q <sub>s</sub> (ton)
Lapisan 1 ( 0 m – 5,5 m)	1.191,03	1	6.176,341	6,176341
Lapisan 2 ( 5,5 m – 7 m)	3.530,87	0,85	4.244,62	4,24461
			<b>Q<sub>s kohesif Total</sub></b>	<b>10,42095</b>

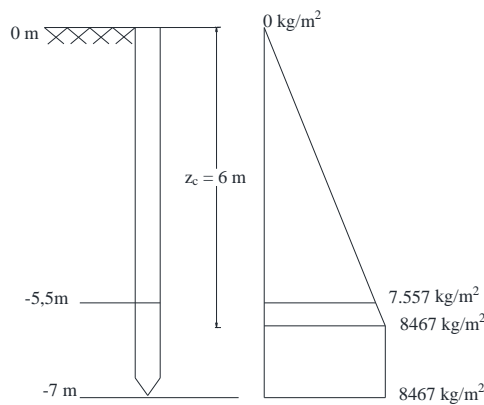
c. Daya Dukung Selimut Fondasi Granuler ( $Q_{s \text{ granuler}}$ )

Pada analisis daya dukung selimut fondasi untuk komponen granuler, tekanan overburden yang digunakan merupakan tekanan overburden efektif yang dipengaruhi oleh kedalaman tiang kritis ( $z_c$ ) yang besarnya antara 10d hingga 20d (Hartini, 2021), dengan ketentuannya :

- Apabila  $z < z_c$ , maka tekanan overburden adalah  $\sum \gamma_i \cdot z_i$
- Apabila  $z > z_c$ , maka tekanan overburden sama dengan tekanan tanah vertical kritis

Dengan menganggap  $z_c = 20d$ , maka

$z_c = 20 \times 0,3 \text{ m} = 6 \text{ m}$ . Dimana  $z$  (kedalaman tiang) adalah 7 m sehingga  $z > z_c$ , maka tekanan vertical digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Tekanan Overburden Efektif

Sehingga :

Tabel 18 Rekapitulasi Daya Dukung Selimut Fondasi Untuk Komponen Granuler

Kedalaman (m)	Kd (Tabel 6, tiang beton, pasir padar)	$\phi^0$	$\delta_a$ (Tabel 7, tiang beton)	$\bar{p}'_0$ (kg/m <sup>2</sup> )	$Q_s$ (kg)	$Q_s$ (ton)
0 – 5,5	1	7,136	5,352	3.778,5	1.835,64	1,836
5,5 - 6	1	16,003	12,002	8.012	2.408,998	2,409
6 -7	1	16,003	12,002	8.467	2.545,805	2,546
<b><math>Q_s</math> Granuler Total</b>						<b>5,79</b>

d. Berat Sendiri fondasi

Tipe fondasi direncanakan tiang bor dengan material beton, diambil berat volume beton sebesar 2.400 kg/m<sup>3</sup>, sehingga dengan menggunakan persamaan 23 didapatkan berat fondasi sebesar 1.188 kg atau 1,188 ton.

e. Daya Dukung Ultimit Fondasi ( $Q_u$ )

Dengan menggunakan persamaan 15, maka didapatkan

Tabel 19 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit Berdasarkan Data Laboratorium

$Q_b$	= 7,093 ton
$Q_s$ Kohesif	= 10,421 ton
$Q_s$ Granuler	= 5,7 ton
$W_p$	= 1,188 ton
<b><math>Q_u</math></b>	<b>= 11,696 ton</b>

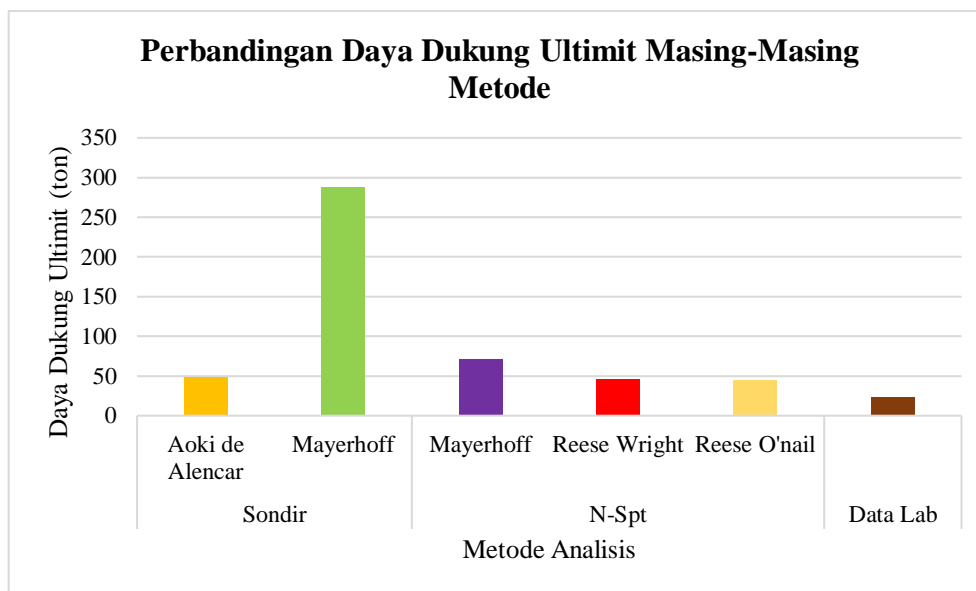
### 3.3 Analisis Perbandingan Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang untuk Semua Metode

Hasil analisis daya dukung ultimit fondasi tiang untuk semua metode yang digunakan dirangkum pada tabel di bawah ini :

Tabel 20 Rekapitulasi Daya Dukung Ultimit

Komponen Daya Dukung	Sondir		N-Spt			Data Lab
	Mayerhoff	Aoki de Alencar	Mayerhoff	Reese & Wright	Reese & O'nail	
Qb (ton)	61,6530403	21,8377	44,55	6,788571	6,6825	7,093211542
Qs (ton)	226,589974	27,27672	27,06	38,72	38,115	16,121
Qu (ton)	288,243015	49,11442	71,61	45,50857	44,7975	23,21421154

Gambar di bawah ini memperlihatkan perbandingan daya dukung ultimit antar metode.



Gambar 3. Perbandingan Daya Dukung Ultimit Antar Metode

Dilihat dari grafik di atas, metode yang menghasilkan nilai daya dukung ultimit paling kecil adalah metode berdasarkan data laboratorium, sedangkan yang paling tinggi adalah metode Mayerhoff berdasarkan data sondir. Perbedaan nilai daya dukung antar metode ini diakibatkan karena masing-masing metode memiliki koefisien dan faktor koreksi tersendiri. Jika dilihat dari grafik di atas di mana metode berdasarkan data lab menghasilkan daya dukung ultimit paling rendah, sehingga dalam perencanaannya membutuhkan angka keamanan yang jauh lebih besar dibandingkan metode lain, sehingga metode ini merupakan metode yang paling aman untuk digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang.

## 4. Kesimpulan

Ada banyak metode yang bisa digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang. Penelitian ini telah membandingkan hasil analisis daya dukung fondasi tiang menggunakan beberapa metode antara lain metode berdasarkan hasil sondir (Mayerhoff dan Aoki De Alencar), berdasarkan hasil N-SPT (Mayerhoff, Reese & Wright, Reese & O'nail) dan berdasarkan data lab. Hasil daya dukung yang didapatkan masing-masing metode berbeda. Perbedaan ini dikarenakan tiap metode memiliki koefisien serta faktor koreksi tersendiri. Dari analisis tersebut, metode yang menghasilkan nilai daya dukung ultimit paling kecil adalah metode berdasarkan data lab, sedangkan yang paling tinggi adalah

metode mayerhoff berdasarkan data sondir. Metode data lab yang menghasilkan daya dukung ultimit paling rendah, dalam perencanaannya fondasi tiang membutuhkan angka keamanan yang jauh lebih besar dibandingkan metode lain, sehingga metode ini merupakan metode yang paling aman untuk digunakan dalam menganalisis daya dukung fondasi tiang.

## Daftar Pustaka

- Ahmad, L. G., & Surahman, M. (2016). Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Tes, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Test Kantledge. *Jurnal Konstruksia*, 7(2), 65-74.
- Ayuni, R., Usman, J., & Rahim, S. (2023). Manajemen Perencanaan Pembangunan Perumahan pada Dinas Perumahan Permukiman dan Pertanahan Kabupaten Bulukumba. *Jurnal Unismuh*, 4(4), 931-943.
- Basoka, I. (2020). Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Cone Penetration Test (CPT) dan Standard Penetration Test (SPT) pada Tanah Berpasir. *Ukarst : Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil*, 4(1), 110-123.
- Bowles, J. E. (1992). *Analisis Desain Pondasi Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. (2018). *Teknik Fondasi II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hartini. (2021). Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pancang Pada Tanah Granular Menggunakan Metode Statis dan Dinamis. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, 10(1), 20-30.
- Martini. (2009). Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Beberapa Metode. *Majalaks Ilmiak Mektek*, 11(2), 76 - 87.
- Maslow, A. (1943). *A Theory of Human Motivation*. Psychological Review.
- Meivian, A. (2021). Perancangan Struktur Bawah Gedung Operasional PT. Marga Mandalasakti dengan Boered Pile. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Serang Raya*, 1(1), 18-40.
- Pamungkas, A., & Harianty, E. (2013). *Desain Pondasi Tanah Gempa*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sakul, V. E., Sumajouw, M. D., & Dapas, S. O. (2019, Desember). Perencanaan Bangunan Bertingkat Banyak Menggunakan Sistem Flat Slab dengan Drop Panel. *Jurnal Sipil Statik*, 7(12), 1703-1710.
- Septianto, B. T., Yani, M. I., & Sarie, F. (2023). Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil N-SPT yang Terkoreksi dari Hasil PDA Test pada Proyek Jembatan Bukit Rawi. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2), 5715-5620.
- Setiawan, R., Zulaicha, L., & Hadisaputro, I. (2020). Studi Kapasitas Fondasi Tiang Pancang pada Jalur Kereta Solo Balapan - Adi Soemarmo. *EQUILIB*, 1(2), 11-18.
- Setiyo, D., Suhendra, & Nuklirullah, M. (2019). Analisa Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Tiang Pancang Pada Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al-Azhar 57 Jambi. *Jurnal Civrolit Unbari*, 4(2), 90-92.
- SNI 1726. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Titi, H., & Farsakh, M. (1999). Evaluation of Bearing Capacity of Piles From Cone Penetration Test Data. *Lousiana Transportation Research Center*.