

# Analisis Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang pada Tanah Lempung Cimencrang

YUMITA MEISARI, YUKI ACHMAD YAKIN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
Email: yumitameisari@gmail.com

## ABSTRAK

*Fondasi kelompok tiang merupakan penggabungan beberapa tiang menggunakan pile cap. Penentuan kapasitas daya dukung fondasi adalah faktor penting dalam perencanaan, terlebih jika fondasi ditempatkan pada tanah yang relatif berjenis lempung. Fondasi tersebut harus mampu memikul seluruh beban di atasnya. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis untuk mengetahui nilai kapasitas daya dukung fondasi kelompok tiang. Analisis daya dukung fondasi kelompok tiang dilakukan dengan cara membandingkan hasil uji di lapangan dengan hasil yang diperoleh dari beberapa metode yaitu metode statik, Meyerhof berdasarkan nilai  $N_{SPT}$  dan pemodelan menggunakan bantuan perangkat lunak Plaxis 3D, Group8 3D, serta All Pile. Berdasarkan hasil analisis tersebut, yang paling mendekati dengan hasil uji di lapangan adalah hasil pemodelan menggunakan Plaxis 3D. Hal tersebut dapat terlihat dari hasil selisih terkecil yaitu 3,93%.*

**Kata kunci:** *fondasi kelompok tiang, tanah lempung, kapasitas daya dukung, perangkat lunak.*

## ABSTRACT

*Group pile foundation is a combination of piles using pile cap. Determination the bearing capacity of the foundation is an important factor in planning, moreover if the foundation was placed on relative clay type soil. The foundation must be able to carrying the whole loads above it. Therefore, the analysis need to be done to identify the value of bearing capacity of group pile foundation. Analysis of group pile bearing capacity was done by comparing the result of test in field and the result obtained from several methode that is static method, Meyerhof method based from the value of  $N_{SPT}$  and modelling use software Plaxis 3D, Group8 3D, and All Pile. From the result of the analysis, the closest to the result test in field was the result of modelling used Plaxis 3D. It can be seen from the smallest difference result was 3.93%.*

**Keywords:** *group pile foundation, bearing capacity, clay soil, software.*

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan tempat keberadaan fondasi suatu bangunan. Pemilihan tipe fondasi dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adalah besarnya beban, keadaan tanah, fungsi bangunan serta biaya yang dibutuhkan. Pada tanah yang relatif berjenis lempung, alternatif fondasi yang digunakan adalah fondasi dalam. Fondasi kelompok tiang dipilih dan dirancang untuk dapat memikul beban yang berada di atasnya. Untuk memperoleh kapasitas daya dukung yang akurat maka diperlukan penyelidikan tanah yang baik, karena hasil perhitungan dan pemodelan yang diperoleh nantinya akan dibandingkan dengan data di lapangan.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis daya dukung fondasi kelompok tiang pada tanah lempung cimencrang menggunakan metode statik, Meyerhof, serta pemodelan menggunakan Plaxis 3D, Group8 3D, dan All Pile.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh hasil nilai kapasitas daya dukung fondasi kelompok tiang berdasarkan beberapa metode, serta untuk mengetahui metode yang paling mendekati dengan kondisi yang ada dilapangan.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Lempung

Berdasarkan penggolongan ukuran butiran tanah, tanah lempung memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 0,002 mm. Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm, partikel – partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif (Bowles, 1993).

### 2.2 Fondasi Kelompok Tiang

Fondasi kelompok tiang merupakan penggabungan beberapa tiang yang dipasang relatif berdekatan dan digabungkan menggunakan pile cap. Fondasi kelompok tiang digunakan apabila beban yang harus ditumpu fondasi terlalu besar, dan tidak dapat lagi ditopang oleh fondasi tiang tunggal. Susunan dan jarak tiang berpengaruh pada hasil daya dukung fondasi kelompok tiang.

### 2.3 Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah adalah kekuatan tanah untuk menahan beban yang bekerja di atasnya. Kapasitas daya dukung tanah dapat dihitung menggunakan **Persamaan 1**:

$$Q_u = Q_s + Q_p \quad \dots(1)$$

dengan:

- $Q_u$  = daya dukung ultimit [kN],
- $Q_p$  = daya dukung ujung [kN],
- $Q_s$  = daya dukung selimut [kN].

### 2.4 Daya Dukung Fondasi Tiang Metode Meyerhof Berdasarkan Nilai $N_{SPT}$

Dalam menghitung kapasitas daya dukung tanah untuk jenis tanah yang berbeda – beda, (Geotechnical Engineering Center, 2013) menganjurkan **Persamaan 2** berikut:

$$Q_u = 400 * N_b * A_p + N * A_s \quad \dots(2)$$

dengan:

- $Q_u$  = daya dukung ultimit [kN],
- $N_b$  = nilai  $N_{SPT}$  pada elevasi dasar tiang,

- $A_p$  = luas penampang fondasi [m<sup>2</sup>],  
 $A_s$  = luas selimut tiang [m<sup>2</sup>],  
 $N$  = nilai  $N_{SPT}$  rata – rata sepanjang tiang.

## 2.5 Daya Dukung Fondasi Tiang Metode Statik

Daya dukung fondasi tiang menggunakan metode statik diperoleh dari gabungan tahanan ujung dan gesek.

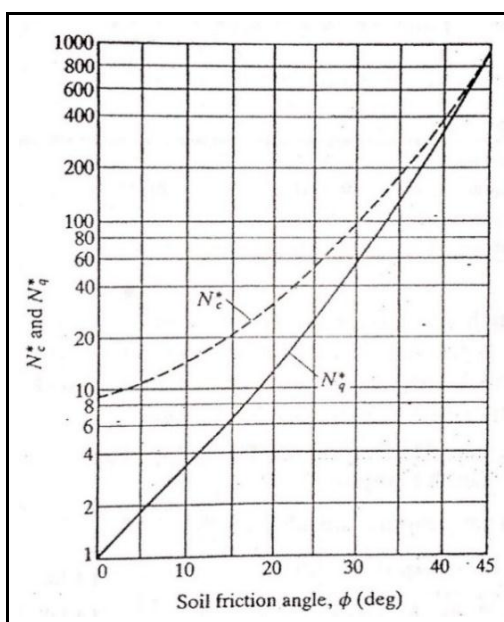
### 2.5.1 Daya Dukung Ujung Tiang

Berikut adalah **Persamaan 3** yang dapat digunakan menentukan kapasitas tahanan ujung berdasarkan jenis tanah.

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c_u N_c^*) \cong A_p (9c_u) \quad \dots(3)$$

dengan:

- $Q_p$  = daya dukung ujung tiang [kN],  
 $A_p$  = luas penampang ujung tiang [m<sup>2</sup>],  
 $N_c^*$  = faktor daya dukung ujung (**Gambar 1**),  
 $c_u$  = kohesi tak teralir [kN/m<sup>2</sup>].



**Gambar 1. Faktor daya dukung**  
(Sumber: Geotechnical Engineering Center, 2013)

### 2.5.2 Daya Dukung Selimut Tiang

Kapasitas daya dukung akibat gesekan tiang dinyatakan dalam **Persamaan 4** berikut:

$$Q_s = \sum (A_s f_s) \quad \dots(4)$$

dengan:

- $Q_s$  = daya dukung selimut tiang [kN/m<sup>2</sup>],  
 $A_s$  = luas selimut tiang [m<sup>2</sup>],  
 $f_s$  = tahanan gesek setiap kedalaman  $z$  [kN/m<sup>2</sup>].

Tahanan gesek ( $f_s$ ) untuk kedalaman tiang didalam lapisan pasir dinyatakan dengan **Persamaan 5**:

$$f_s = k\sigma'_v \tan \phi \quad \dots(5)$$

dengan:

- $k$  = koefisien tekanan tanah (**Tabel 1**),
- $\sigma'_v$  = tegangan vertikal efektif pada kedalaman yang ditinjau [ $\text{kN/m}^2$ ],
- $\phi$  = sudut geser [ $^\circ$ ].

**Tabel 1. Tabel k Berdasarkan Tipe Tiang**

Type Pile	k
Bore or Jetter	$k = k_0 = 1 - \sin\phi'$
Low Displacement Driven	$k_0 = 1 - \sin\phi'$ to $1.4k_0 = 1.4(1 - \sin\phi')$
High - Displacement Driven	$k_0 = 1 - \sin\phi'$ to $1.4k_0 = 1.4(1 - \sin\phi')$

(Sumber: Das, 2011)

Tahanan gesek ( $f_s$ ) pada tanah lempung, diperoleh menggunakan metode lambda ( $\lambda$ ), alpha ( $\alpha$ ), dan betha ( $\beta$ ).

### 1. Metode Lambda ( $\lambda$ )

Metode ini didasarkan oleh adanya perpindahan tanah akibat tiang yang dipancang sehingga menghasilkan tekanan lateral pasif pada kedalaman tertentu. Nilai Lambda ( $\lambda$ ) didapatkan dengan memasukkan nilai panjang tiang (**Gambar 2**). Untuk mencari nilai tahanan gesek pada metode ini digunakan **Persamaan 6**. Untuk mencari nilai kuat geser jenuh lempung dapat menggunakan **Persamaan 7**, sedangkan untuk memperoleh nilai tegangan vertikal efektif digunakan **Persamaan 8**.

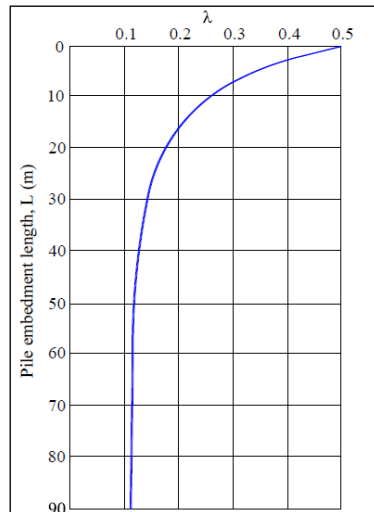
$$f_{s\ ave} = \lambda(\sigma'_{v\ ave} + 2c_{u\ ave}) \quad \dots (6)$$

$$c_{u\ ave} = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ui}L_i}{L} \quad \dots(7)$$

$$\sigma'_{v\ ave} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{L} \quad \dots(8)$$

dengan:

- $f_{s\ ave}$  = tahanan gesek ) [ $\text{kN/m}^2$ ],
- $\lambda$  = koefisien lambda (**Gambar 2**) [ $\text{kN}$ ],
- $\sigma'_{v\ ave}$  = tegangan vertikal efektif rata-rata [ $\text{kN/m}^2$ ],
- $c_{u\ ave}$  = kuat geser lempung jenuh rata-rata ( $\phi = 0$ ) [ $\text{kN/m}^2$ ],
- $c_{ui}$  = kohesi tanah tak teralir lapis ke  $i$  [ $\text{kN/m}^2$ ],
- $L_i$  = panjang segmen tiang pada lapis ke  $i$  [ $\text{m}$ ],
- $L$  = panjang tiang total [ $\text{m}$ ],
- $A_i$  = luas diagram tegangan vertikal efektif lapis ke  $i$  [ $\text{m}^2$ ].



**Gambar 2. Koefisien  $\lambda$**   
(Sumber: Geotechnical Engineering Center, 2013)

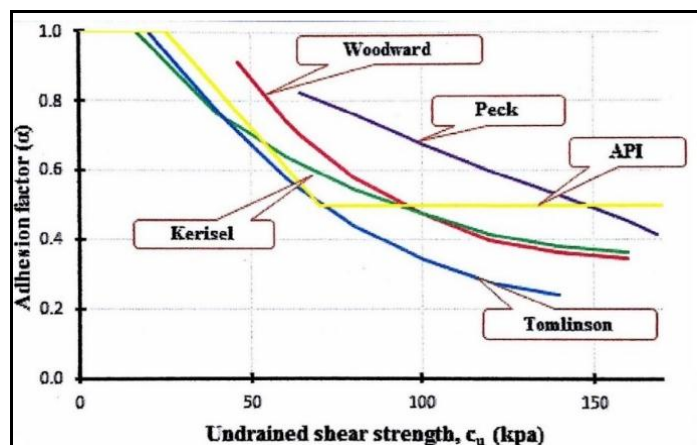
**2. Metode Alpha ( $\alpha$ )**

Faktor Alpha merupakan parameter yang nilainya sulit untuk ditentukan dengan tepat. Perkiraan nilai Alpha untuk fondasi tiang pancang akan didapat dari **Gambar 3. Persamaan 9** yang dapat digunakan pada metode ini adalah:

$$f_s = \alpha c_u \quad \dots (9)$$

dengan:

- $f_s$  = tahanan gesek [kN/m<sup>2</sup>],
- $\alpha$  = faktor adhesi/lekatan secara empiris (**Gambar 3**),
- $c_u$  = kuat geser lempung jenuh [kN/m<sup>2</sup>].



**Gambar 3. Nilai Alpha untuk fondasi tiang pada tanah lempung**  
(Sumber: Alawiah & Yakin, 2016)

**3. Metode Beta ( $\beta$ )**

Pada metode ini, Persamaan yang digunakan mengacu pada parameter tegangan efektif lempung yang digunakan. **Persamaan 10** yang digunakan pada metode ini adalah:

$$f_s = \beta \sigma'_v \quad \dots (10)$$

dengan:

$$\begin{aligned} \beta &= k \tan \phi', \\ \phi' &= \text{sudut geser efektif } [^\circ], \\ \sigma'_v &= \text{kuat geser lempung jenuh } [\text{kN/m}^2]. \end{aligned}$$

Untuk nilai  $k$  dibedakan atas *normally consolidated* dan *overconsolidated*. Pada kondisi *normally consolidated* digunakan **Persamaan 11**. Untuk mendapatkan nilai tahanan gesek metode ini digunakan **Persamaan 12**:

$$k = (1 - \sin \phi') \quad \dots(11)$$

Sehingga:

$$f_s = (1 - \sin \phi') \tan \phi' \sigma'_v \quad \dots(12)$$

## 2.6 Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi kelompok tiang akan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah tiang dalam group, panjang tiang, dimensi tiang, susunan tiang, dan jarak antar tiang. Dalam menghitung efisiensi kelompok tiang dapat menggunakan 3 metode berikut:

### 1. Simplified Equation

Metode ini didasarkan pada jumlah daya dukung gesekan dari kelompok tiang sebagai satu kesatuan (blok). Metode ini dihitung dengan menggunakan **Persamaan 13**:

$$\eta = \frac{2 * (n_1 + n_2 - 2) * D + 4d}{P * n_1 * n_2} \quad \dots(13)$$

dengan:

$$\begin{aligned} \eta &= \text{efisiensi } [\%], \\ n_1 &= \text{jumlah tiang dalam arah horizontal [buah]}, \\ n_2 &= \text{jumlah tiang dalam arah vertikal [buah]}, \\ D &= \text{jarang tiang ke tiang [m]}, \\ p &= \text{keliling fondasi [m]}, \\ d &= \text{diameter tiang [m]}. \end{aligned}$$

### 2. Converse Labarre Equation

Untuk menentukan nilai *efisiensi kelompok* tiang pada metode ini diperoleh menggunakan **Persamaan 14**:

$$\eta = 1 - \frac{(n_1 - 1) * n_2 + (n_2 - 1) * n_1}{90 * n_1 * n_2} \tan^{-1} \frac{d}{D} \quad \dots(14)$$

dengan:

$$\begin{aligned} \eta &= \text{efisiensi } [\%], \\ n_1 &= \text{jumlah tiang dalam arah horizontal}, \\ n_2 &= \text{jumlah tiang dalam arah vertikal}, \\ D &= \text{jarak tiang ke tiang [m]}, \\ p &= \text{keliling fondasi [m]}, \\ d &= \text{diameter tiang [m]}. \end{aligned}$$

### 3. Fled Equation

Untuk menghitung efisiensi dengan perhitungan metode Fled equation, digunakan **Persamaan 15** untuk fondasi 2 tiang pada baris dan 2 tiang pada kolom sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_g(u)}{\sum_{tiang} * Q_u} \quad \dots(15)$$

dengan:

- $\eta$  = efisiensi [%],
- $Q_g(u)$  = faktor reduksi,
- $\sum_{tiang}$  = jumlah tiang dalam satu *pile cap* [buah],
- $Q_u$  = kapasitas ultimit tiang [kN].

## 2.6 Daya Dukung Kelompok Tiang

Setelah mendapatkan daya dukung tiang pancang untuk 1 titik, dan efisiensi kelompok tiang, maka dapat dilakukan perhitungan perhitungan daya dukung aksial kelompok tiang. Daya dukung ultimit kelompok tiang dapat diperoleh menggunakan **Persamaan 16**:

$$Q_{u\ group} = Q_{u\ tiang} * n * efisiensi\ kelompok\ tiang \quad \dots(16)$$

dengan:

- $Q_u$  = daya dukung ultimit [kN],
- $n$  = jumlah tiang pada satu buah *pile cap* [buah].

## 2.7 Perangkat Lunak All Pile

Analisis menggunakan bantuan perangkat lunak All Pile dilakukan dengan cara melakukan penginputan data beban, parameter tanah termasuk nilai  $N_{SPT}$ , data tiang, nilai *Safety Factor*. All Pile memperoleh nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang dengan menggunakan metode *Load Transfer*.

## 2.7 Perangkat Lunak Group8 3D

Pemodelan menggunakan Group8 dilakukan dengan menggunakan model 3D. Pada Group8 3D hasil yang diperoleh merupakan daya dukung per tiang. Group8 3D dalam pemodelan dan analisisnya telah memperhitungkan faktor reduksi. Data yang diperlukan untuk pemodelan pada Group8 3D ini berupa *pile properties, pile group properties, pile head coordinates, loading pile cap, serta soil layer*.

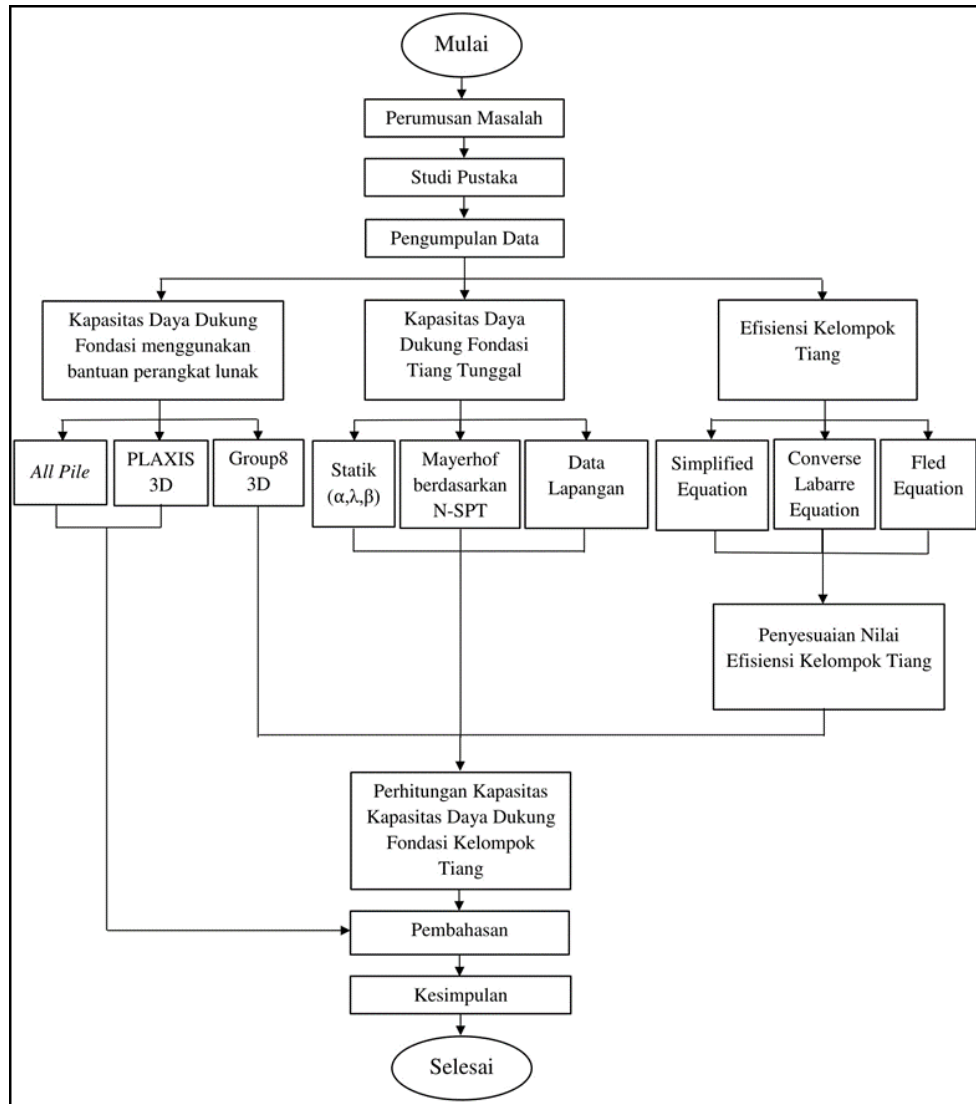
## 2.8 Perangkat Lunak Plaxis 3D

Plaxis merupakan program yang menggunakan metode *finite element* untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dalam bidang geoteknik. Pemodelan dilakukan dengan pemilihan model 3D. Penginputan yang digunakan untuk mengatur geometri, parameter model, dan fase perhitungan.

# 3. METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Prosedur Penelitian

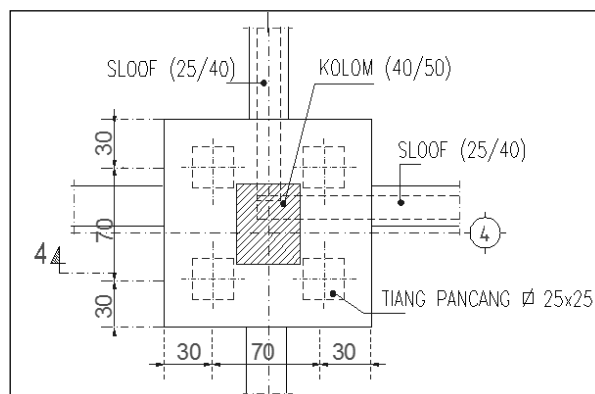
Penelitian ini dilakukan sesuai tahapan yang tertera pada bagan alir yang disajikan pada **Gambar 4**:



**Gambar 4. Bagan alir penelitian**

### 3.2 Data

Lokasi peninjauan berada pada wilayah Cimencrang Bandung. Fondasi dengan mutu K450, dirancang dengan kedalaman tiang terbenam ± 24 meter, serta memiliki dimensi tiang 25 cm \* 25 cm, dengan menggunakan material beton bertulang. Beban yang digunakan untuk satu buah pile cap sebesar 221,67 ton. Konfigurasi tiang akan diperlihatkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5. Konfigurasi tiang**



Data parameter tanah yang digunakan untuk memperoleh nilai kapasitas daya dukung akan disajikan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Parameter Tanah**

Kedalaman tanah (m)	Jenis Tanah	Parameter						
		$N_{SPT}$	$E'$ kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{unsat}$ kN/m <sup>3</sup>	$C$ kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ Sudut Geser	$\nu'$ Poisson Ratio
0 – 3,5	Soft clay	5	8.250	15,69	14,69	33	-	0,3
3,5 - 8	Stiff clay	15	15.250	15,00	14,00	61	-	0,5
8 - 15	Stiff clay	12	11.000	15,00	14,00	44	-	0,5
15 – 18,5	Stiff clay	20	11.000	15,00	14,00	44	-	0,5
18,5 – 22,5	Sand	30	3.830	17,00	16,00		44°	0,4
22,5 - 24	Very stiff clay	45	75.000	18,00	17,00	300	-	0,5
24 - 25	Very stiff clay	54	87.500	19,00	18,00	350	-	0,5
25 - 30	Very stiff clay	60	95.000	19,00	18,00	350	-	0,5

#### 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Metode Meyerhof Berdasarkan Nilai $N_{SPT}$

Untuk menghitung daya dukung tanah dengan metode ini, dapat menggunakan **Persamaan 2**. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan tersebut, didapat nilai daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) sebesar 1.050 kN, daya dukung gesek tiang ( $Q_s$ ) sebesar 376,19 kN, serta daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) sebesar 1.426,19 kN.

##### 4.2 Metode Statik

Nilai kapasitas daya dukung ujung tiang metode statik berdasarkan jenis tanah yang berada pada lapisan ujung tiang yaitu tanah lempung. Maka daya dukung ujung tiang dihitung menggunakan **Persamaan 3**, dan didapatkan kapasitas daya dukung ujung tiang metode statik sebesar 168,75 kN. Perhitungan daya dukung selimut tiang untuk lapisan pasir menggunakan **Persamaan 6** diperoleh sebesar 169,56 kN. Untuk perhitungan daya dukung selimut tiang pada tanah lempung digunakan metode Alpha, Lambda, dan Beta.

##### 4.2.1 Metode Alpha ( $\alpha$ )

Pada perhitungan daya dukung gesek ( $Q_s$ ) tanah lempung berdasarkan metode Alpha, dapat digunakan **Persamaan 9** dan dilanjutkan dengan **Persamaan 4**. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil yang akan disajikan pada **Tabel 3**:

**Tabel 3. Daya Dukung Selimut ( $Q_s$ ) Metode Alpha ( $\alpha$ )**

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	$\Delta L$ (m)	$p$ (m <sup>2</sup> )	$C_u$ (kPa)	$\alpha$	$Q_s$ (kN)
0 – 3,5	Soft clay	3,5	1	33	0,90	103,95
3,5 – 8	Stiff clay	4,5	1	61	0,63	172,94
8 – 15	Stiff clay	7	1	44	0,79	243,32
15 – 18,5	Stiff clay	3,5	1	44	0,79	121,66
18,5 – 22,5	Sand					169,56
22,5 – 24	Very stiff clay	1,5	1	300	0,5	225,00

Setelah mendapatkan nilai daya dukung selimut tiang, perhitungan dilanjutkan menggunakan **Persamaan 1**, dan didapatkan nilai  $Q_u$  sebesar 1.205,18 kN.

##### 4.2.2 Metode Lambda ( $\lambda$ )

Perhitungan daya dukung gesek ( $Q_s$ ) pada tanah lempung menggunakan metode Lambda dapat dihitung berdasarkan **Persamaan 7** dan **Persamaan 8**, hasil yang didapat lalu dimasukkan pada **Persamaan 6**. Hasil yang didapat pada **Persamaan 6**, dimasukkan kedalam

**Persamaan 4.** Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh hasil  $Q_s$  tanah lempung berdasarkan metode lambda sebesar 809,93 kN. Maka didapatkan penjumlahan  $Q_s$  lempung dan pasir sebesar 979,49 kN. Hasil tersebut dimasukkan pada **Persamaan 1**, maka diperoleh nilai  $Q_u$  sebesar 1.148,24 kN.

#### 4.2.3 Metode Betha ( $\beta$ )

Perhitungan yang digunakan dalam metode betha ini dapat dihitung menggunakan **Persamaan 12**. Nilai  $\sigma'_v$  merupakan nilai tegangan vertikal efektif per lapisan tanah. Dari metode ini dihasilkan nilai tahanan selimut tiang sebesar 341,90 kN. Setelah mendapatkan nilai daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ), lalu dimasukkan kedalam **Persamaan 1** dan didapat nilai  $Q_u$  sebesar 510,65 kN.

#### 4.3 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Untuk mendapatkan nilai daya dukung kelompok tiang, diperlukan perhitungan nilai efisiensi kelompok tiang. Perhitungan nilai efisiensi dilakukan menggunakan tiga metode. Hasil perhitungan nilai efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode pertama yaitu *Simplified Equation* menggunakan **Persamaan 13** didapatkan nilai sebesar 0,95 atau 95%. Hasil perhitungan efisiensi group berdasarkan metode kedua yaitu *Converse Labarre Equation* menggunakan **Persamaan 14** didapatkan nilai efisiensi sebesar 0,78 atau 78%. Hasil perhitungan nilai efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode ketiga yaitu *Fled Equation* menggunakan **Persamaan 15** didapatkan nilai sebesar 0,81 atau 81%. Nilai efisiensi yang dipilih yaitu sebesar 78% dari hasil perhitungan menggunakan metode *Converse Labarre Equation* yang merupakan hasil efisiensi kelompok tiang terkecil berdasarkan perhitungan ketiga metode yang digunakan. Nilai efisiensi kelompok tiang terkecil dipilih untuk mengantisipasi keadaan terburuk.

#### 4.4 Daya Dukung Kelompok Tiang

Untuk memperoleh nilai daya dukung ( $Q_u$ ) kelompok tiang dapat dihitung menggunakan **Persamaan 16**. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil rekapitulasi yang akan disajikan pada **Tabel 4**:

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang**

Metode	Nilai $Q_u$ (kN)
Meyerhof berdasarkan nilai $N_{SPT}$	4.449,71
	$\alpha$ 3.760,15
Metode statik	$\beta$ 1.593,24
	$\lambda$ 3.528,51

#### 4.5 Analisis Menggunakan *All Pile*

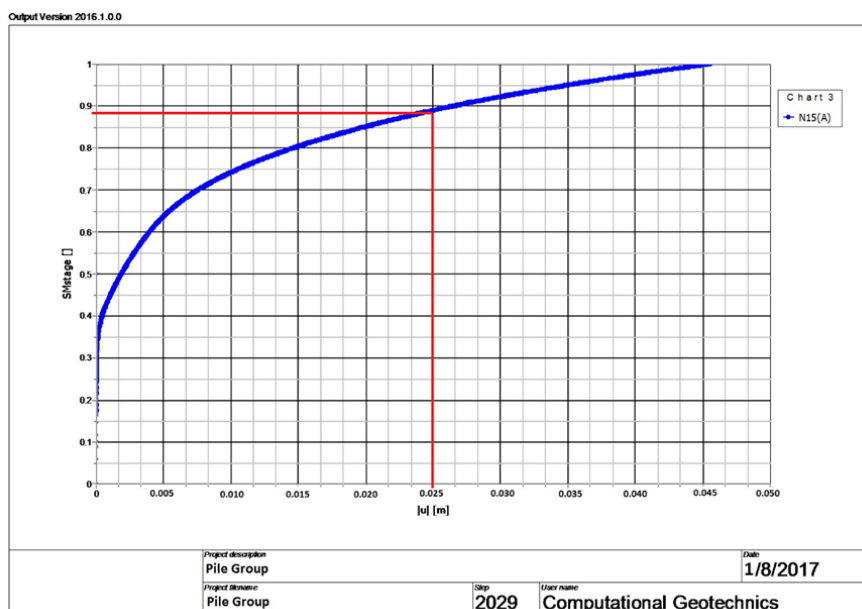
Hasil output *All Pile* disajikan dalam bentuk formulir, dimana didalam formulir tersebut sudah tertulis nilai angka  $Q_u$  kelompok tiang yang telah dianalisis. Berdasarkan formulir tersebut didapat nilai  $Q_u$  sebesar 6.956,26 kN. Hasil tersebut belum memperhitungkan efisiensi kelompok tiang, dalam kasus ini nilai efisiensi kelompok tiang digunakan sebesar 78%. Maka hasil  $Q_u$  yang didapatkan *All Pile* yaitu sebesar 5.425,88 kN.

#### 4.6 Pemodelan Menggunakan Plaxis 3D

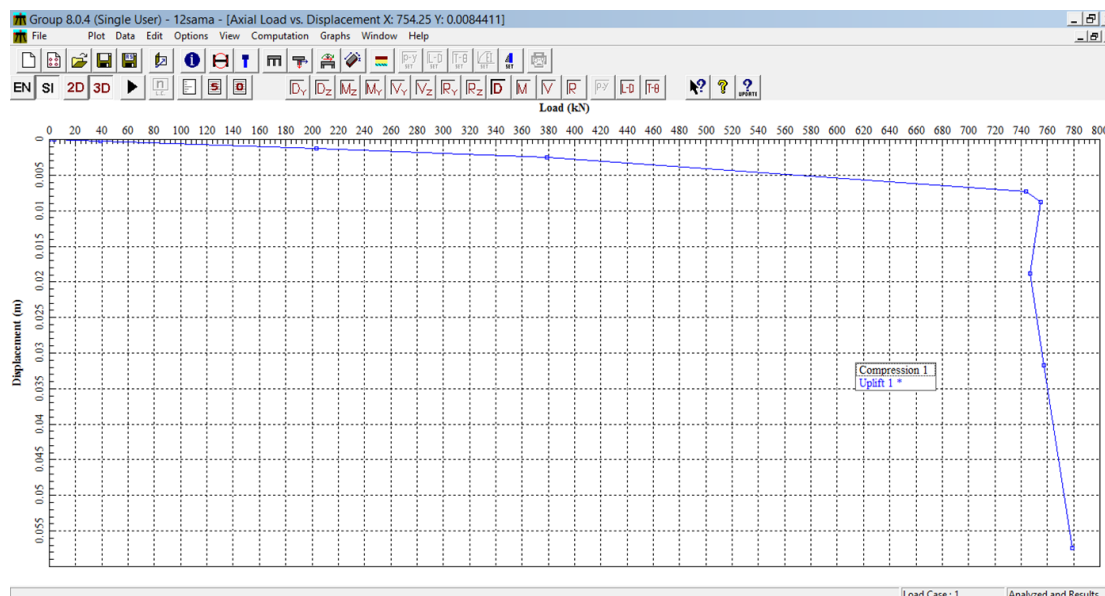
Hasil Output dari Plaxis 3D yaitu berupa kurva antara beban dan penurunan, yang akan disajikan pada **Gambar 6**. Kapasitas daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) group didapat sebesar 3.297,12 kN. Nilai tersebut diperoleh dengan cara mengalikan hasil output dengan beban yang diberikan yaitu sebesar 2.216,7 kN lalu dikalikan dengan luasan *pile cap*.

#### 4.7 Pemodelan Menggunakan Group8 3D

Hasil yang diperoleh dari Group8 3D juga berupa kurva antara beban dan penurunan, yang akan disajikan pada **Gambar 7**. Namun dari kurva yang dihasilkan pada pemodelan ini akan diperoleh nilai kapasitas daya dukung pertiang yang didapatkan sebesar 754,25 kN. Hasil tersebut dikalikan dengan jumlah tiang dalam *pile cap* untuk mendapatkan nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang.



**Gambar 6. Output Plaxis 3D**



**Gambar 7. Output Group8**

#### 4.8 Hasil Data Lapangan

Berdasarkan hasil uji pada saat penekakan tiang pancang menggunakan mesin *Hydrolik* didapatkan nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 1.100 kN. Untuk memperoleh nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang, data yang didapatkan tersebut dihitung menggunakan **Persamaan 16**. Setelah perhitungan selesai, diperoleh nilai kapasitas daya dukung  $Q_u$  kelompok tiang sebesar 3.432 kN.

#### 4.9 Rekapitulasi Hasil

Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan untuk memperoleh nilai kapasitas daya dukung fondasi kelompok tiang yang telah dilakukan berdasarkan beberapa metode didapatkan hasil yang beragam. Untuk memperoleh nilai daya dukung kelompok tiang yang akan dipilih, dilakukan perbandingan berdasarkan hasil beberapa metode dengan hasil yang telah didapat di lapangan. Hasil perbandingan tersebut akan disajikan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5. Rekapitulasi dan Perbandingan Data Lapangan dengan Hasil Analisis Berbagai Metode**

Metode	Nilai $Q_u$ (kN)	Selisih Nilai $Q_u$ dengan Data Lapangan	
		Selisih $Q_u$ (kN)	(%)
Meyerhof berdasarkan nilai N-SPT	4.449,71	1.017,71	29,65
Metode statik	$\alpha$ 3.760,15	328,15	9,56
	$\beta$ 1.593,24	1.838,76	53,58
	$\lambda$ 3.582,51	150,51	4,93
All pile	5.425,88	1.993,88	58,10
Plaxis 3D	3.297,12	134,88	3,93
Group8 3D	3.017,00	415,00	12,09
Data Lapangan	3.432,00 kN		

#### 4. KESIMPULAN

Nilai kapasitas daya dukung fondasi kelompok tiang yang didapatkan berdasarkan metode analisis yaitu 4.449,71 kN untuk metode Meyerhof berdasarkan nilai  $N_{SPT}$ , 3.760,15 kN untuk metode Alpha, 1.593,24 kN untuk metode Beta, serta 3.582,51 untuk metode Lambda. Nilai kapasitas daya dukung fondasi yang didapatkan melalui bantuan perangkat lunak yaitu 5.425,88 kN untuk All Pile, 3.297,12 kN untuk Plaxis 3D, dan 3,017 kN untuk Group8 3D. Berdasarkan hasil perbandingan dari berbagai metode yang dilakukan dengan data yang terdapat di lapangan, maka diperoleh selisih terbesar dengan menggunakan pemodelan All Pile yaitu 58,10% sedangkan selisih terkecil yaitu pemodelan menggunakan Plaxis 3D sebesar 3,93%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka dapat disimpulkan pemodelan menggunakan Plaxis 3D lebih mendekati dengan data yang didapat di lapangan. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode statik terdapat selisih 53,58% pada metode beta dikarenakan metode tersebut menggunakan rumus yang mengandung parameter sudut geser dalam, oleh karena itu lebih cocok digunakan untuk perhitungan pada tanah non kohesif yang mempunyai nilai sudut geser dalam relatif besar.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Alawiah, W. A., & Yakin, Y. A. (2016, September). Analisis Daya Dukung Tiang Tunggal Statik pada Tanah Lunak di Gedebage. *Reka Racana*, 2 (3), 5.
- Bowles, J. E. (1993). *Sifat - sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)* (edisi Kedua). (A. B. Hainim, Editor) Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering, SI*. USA: Global Engineering Christopher M. Shortt.
- Geotechnical Engineering Center. (2013). *Manual Pondasi Tiang* (4<sup>th</sup> edition). Bandung: Geotechnical Engineering Center (GEC), Universitas Katolik Parahyangan.