

# Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Bor pada Jembatan Moh Toha (di Proyek Penambahan Lajur Tol Kopo – Buah Batu)

**LUTHFI NURACHIM, YUKI ACHMAD YAKIN**

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung  
E-mail: ln.234414@gmail.com

## ABSTRAK

*Fondasi adalah struktur bawah yang di gunakan untuk menyalurkan beban yang berasal dari struktur atas. Pada proyek penambahan lajur Tol Kopo - Buah Batu di ruas jembatan Moh Toha di gunakan fondasi tiang bor dengan struktur jembatan yang terdiri dari 2 pier dan 2 abutment. Perhitungan analisis daya dukung kelompok fondasi tiang bor hanya di lakukan di Pier 2 dan Abutment 2 dengan masing masing terdiri 9 buah titik bor dengan panjang tiang 28 m dan 6 buah titik bor dengan panjang tiang 32 m. Diameter yang digunakan sebesar 60 cm. Analisis yang digunakan yaitu dengan menggunakan perhitungan rumus manual dan pemodelan software. Didapat hasil daya dukung kelompok fondasi tiang bor dan lalu di bandingkan dengan hasil uji daya dukung di lapangan menggunakan uji PDA dengan selisih terdekat pada pier 2 sebesar 16,27 % menggunakan software All Pile dan pada abutment 2 sebesar 37,53% menggunakan software All Pile.*

**Kata kunci:** *fondasi tiang bor, hasil daya dukung, selisih*

## ABSTRACT

*Foundation is a bottom structure that is used to distribute loads from upper structure. Bore pile foundation is used on Toll Kopo - Buah Batu additional lane project on Moh Toha bridge that consist of 2 pier and 2 abutment. The calculation of bearing capacity analysis of bore pile group is only done at Pier 2 and Abutment 2, each consisting of 9 drill points with a pile length of 28 m and 6 bore points with a length of 32 m piles. The diameter is 60 cm. Analysis is using the calculation of manual formulas and modeling software. The result of bearing capacity bore pile group foundation and then compared to the result of bearing capacity in the field using PDA test with the nearest different on Pier 2 is 16,27 % and on abutment 2 of 32,53 % using software All Pile.*

**Keywords:** *foundation bored pile, result of bearing capacity, difference*

## 1. PENDAHULUAN

Kemacetan dan kapasitas jalan tol yang semakin kecil menjadi penyebab utama di laksanakan proyek penambahan lajur Tol Kopo - Buah Batu. Di dalam proyek ini banyak pekerjaan yang harus dilaksanakan sesuai dengan perencanaan, salah satunya pekerjaan penambahan lajur pada jembatan ruas Moh Toha. Fondasi yang digunakan dalam pekerjaan jembatan Moh Toha menggunakan fondasi tiang bor dengan diameter tiang 60 cm dan struktur jembatan terdiri dari 2 *Pier* dan 2 *Abutment*. Daya dukung kelompok fondasi tiang bor yang digunakan penulis untuk menganalisis metode konvensional dan pemodelan *software* lalu dibandingkan dengan hasil uji daya dukung fondasi tiang bor di lapangan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Umum

Fondasi adalah elemen struktur bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban yang berasal dari struktur atas, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Sebelum melaksanakan pekerjaan fondasi terlebih dahulu melakukan survei dan penyelidikan tanah seperti penyelidikan *Standar Penetration Test* (SPT) atau dengan *Cone Penetrometer Test* (CPT). Fondasi terbagi menjadi dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam, pemilihan fondasi berdasarkan dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar fondasi. Dalam proyek ini digunakan fondasi dalam yaitu fondasi tiang bor. Berbagai jenis dan metode pelaksanaan fondasi tiang bor serta penentuan faktor keamanan dalam merancang atau analisis fondasi berdasarkan jenis kepentingan struktur dan kondisi tanah.

### 2.2. Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Menggunakan Metode Konvensional

Perhitungan daya dukung fondasi tiang bor tunggal yaitu menggunakan **Persamaan 1** (Geotechnical Engineering Center, 2013) yaitu:

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

halmana:

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

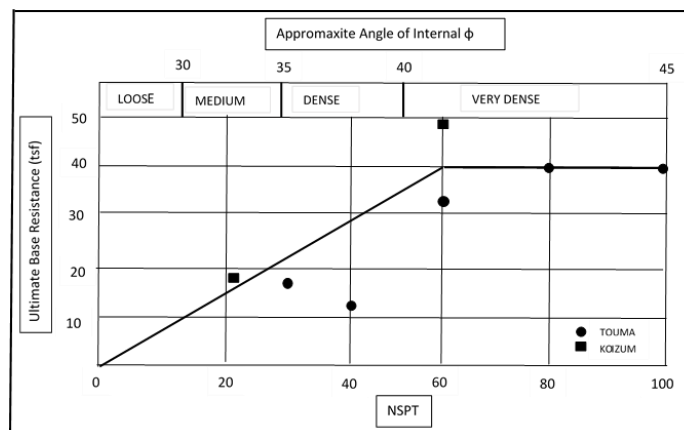
Perhitungan daya dukung ujung fondasi tiang bor menggunakan rumus umum pada **Persamaan 2**. Perhitungan tahanan ujung per satuan luas pada tanah non kohesif dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977) terdapat pada **Gambar 1** dan metode Reese & O'Neill (1989) pada **Persamaan 3.1** dan **Persamaan 3.2** (Geotechnical Engineering Center, 2013) yaitu:

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad \dots (2)$$

halmana:

- $Q_p$  = daya dukung ultimit ujung tiang [ton],
- $q_p$  = tahanan ujung per satuan luas [ton/m<sup>2</sup>],
- $A_p$  = luas penampang tiang bor [m<sup>2</sup>].

Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Bor pada Jembatan Moh Toha  
(di Proyek Penambahan Lajur Tol Kopo – Buah Batu)



**Gambar 1. Tahanan ujung ultimit pada tanah non kohesif  
(Sumber: Geotechnical Engineering Center, 2013)**

Pada tanah yang bersifat non kohesif:

Untuk  $L \geq 10m$

$$q_p (KPa) = 57,5 N_{SPT} < 2,9 \text{ MPa} \quad \dots (3.1)$$

Untuk  $L < 10m$

$$q_p(KPa) = \frac{L}{10 m} 57,5 N_{SPT} \leq \frac{L}{10 m} 2,9 \text{ MPa} \quad \dots (3.2)$$

halmana :

$q_p$  = daya dukung ujung [ $kg/cm^2$ ],

$N_{SPT}$  = jumlah pukulan pada *standard penetration test* (SPT), dinyatakan dalam pukulan/30 cm

$L$  = panjang tiang [m].

Perhitungan daya dukung selimut fondasi tiang bor menggunakan rumus metode Reese & Wright (1977), metode Reese & O'Neill (1989), metode Kulhawy dan rumus umum daya dukung selimut dapat dilihat pada **Persamaan 4** dan rumus perhitungan umum gesekan selimut tiang per satuan luas dapat dilihat pada **Persamaan 5** (Geotechnical Engineering Center, 2013) yaitu:

$$Q_s = f_s \cdot L \cdot p \quad \dots (4)$$

halmana:

$Q_s$  = daya dukung ultimit selimut tiang [ton],

$f_s$  = gesekan selimut tiang per satuan luas [ $ton/m^2$ ],

$L$  = panjang tiang [m],

$P$  = keliling tiang [m].

Menurut metode Reese dan Wright (1977) gesekan selimut tiang persatuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah dimana pada tanah kohesif.

$$f_s = \alpha \cdot C_u \quad \dots (5)$$

halmana:

$f_s$  = gesekan selimut tiang [ton/m<sup>2</sup>],

$\alpha$  = faktor adhesi

$C_u$  = kohesi tanah [ton/m<sup>2</sup>].

Efisiensi kelompok tiang bor menggunakan metode Fled yang mereduksi daya dukung setiap tiang yang berdekatan dan tidak memperhitungkan jarak tiang pada **Persamaan 6** (Geotechnical Engineering Center, 2013) yaitu:

$$eff \text{ tiang} = 1 - \frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{\text{jumlah tiang}} \quad \dots(6)$$

Lalu perhitungan daya dukung kelompok tiang bor pada **Persamaan 7** (Geotechnical Engineering Center, 2013) sebagai berikut:

$$Q_{all \text{ group}} = Q_{all \text{ 1 tiang}} * eff \text{ tiang} * \text{jumlah tiang} \quad \dots(7)$$

Perhitungan penurunan tiang tunggal menggunakan rumus empiris pada **Persamaan 8** (Geotechnical Engineering Center, 2013) dan sebagai berikut:

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad \dots(8)$$

halmana:

$S$  = penurunan total di kepala tiang [m],

$D$  = diameter [m],

$Q$  = beban kerja [ton],

$A_p$  = luas penampang tiang [m<sup>2</sup>],

$L$  = panjang tiang [m],

$E_p$  = modulus elastisitas tiang [ton/m<sup>2</sup>].

Penurunan kelompok tiang menggunakan metode Vesic (1977) pada lapisan tanah pasir pada **Persamaan 9** (Geotechnical Engineering Center, 2013) sebagai berikut:

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \quad \dots (9)$$

halmana:

$S$  = penurunan fondasi tiang tunggal [m],

$S_g$  = penurunan kelompok tiang [m],

$B_g$  = lebar kelompok tiang [m],

$D$  = diameter atau susunan tiang tunggal [m].

### 2.3. Daya Dukung Kelompok Tiang Bor Dengan Pemodelan *Software*

#### A. All Pile

*Software* ini digunakan dalam tugas akhir ini untuk menganalisis hasil dari daya dukung fondasi tiang bor tunggal maupun kelompok dengan memasukan data fondasi tiang bor, konfigurasi tiang bor, beban aksial dan data parameter tanah berupa  $N_{SPT}$ .

## B. Group Pile

Dalam analisis daya dukung kelompok tiang bor ini di gunakan *software* Group Pile 8 dengan memodelkan fondasi kelompok tiang bor di *Pier 2* dan *Abutment 2* dengan data input *pile properties, pile group properties, pile head coordinates, loading, pile cap, soil layer*.

## C. Plaxis 3D

Plaxis 3D adalah program *finite element* tiga dimensi. Perhitungan metode numerik ini dilakukan dengan menggunakan program Plaxis. Dalam menggunakan program Plaxis ini terlebih dahulu harus mengerti dan memahami teori pemodelan tanah. Sebelum memasuki tahap perhitungan secara numerik terlebih dahulu dibuat model fondasi tiang bor.

## 3. METODE PENELITIAN

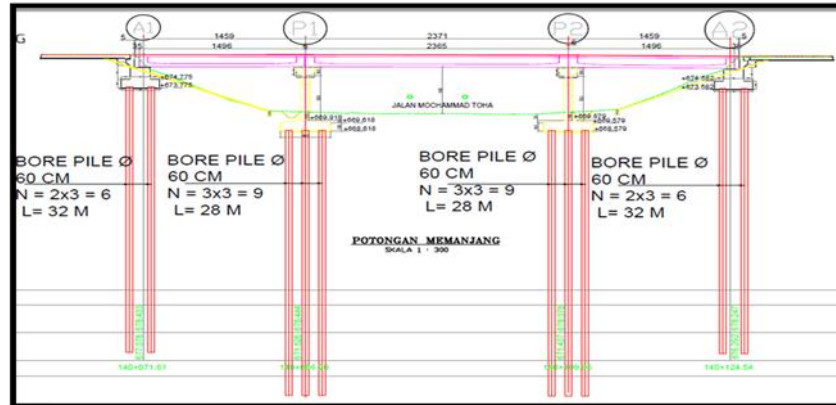
### 3.1. Data Umum Proyek

1. Nama Proyek = penambahan lajur jalan Tol Buah Batu – Kopo jalur B.
2. Fungsi Bangunan = jalan tol.
3. Lokasi Pekerjaan = STA 136+050 -143+108 jalur B.
4. Pemilik = PT. Jasa Marga (Persero) Tbk.
5. Kontraktor = PT. PP (Persero), Tbk.
6. Subkontraktor Fondasi = PT. Graha Pondasi Semesta.
7. Konsultan perencana = PT. Indec Internusa.
8. Konsultan pengawas = PT. Multhi Phi Beta.

### 3.2. Data Teknis Fondasi Tiang Bor

1. Jenis fondasi = tiang bor.
2. Diameter fondasi = 60 cm.
3. Diameter tulangan = 22 mm.
4. Bentuk sengkang = spiral.
5. Panjang fondasi tiang bor = 28 m (*Pier 1 & Pier 2*).
6. Panjang fondasi tiang bor = 32 m (*Abutment 1 & Abutment 2*).
7. Mutu beton = K-350.
8. Jumlah Fondasi = 9 buah (di masing masing *Pier*).
9. Jumlah Fondasi = 6 buah (di masing masing *Abutment*).
10. Tipe jembatan = jembatan *Girder*.
11. Panjang jembatan =  $\pm 55$ m.
12. Jumlah Segmen = 3 segmen.

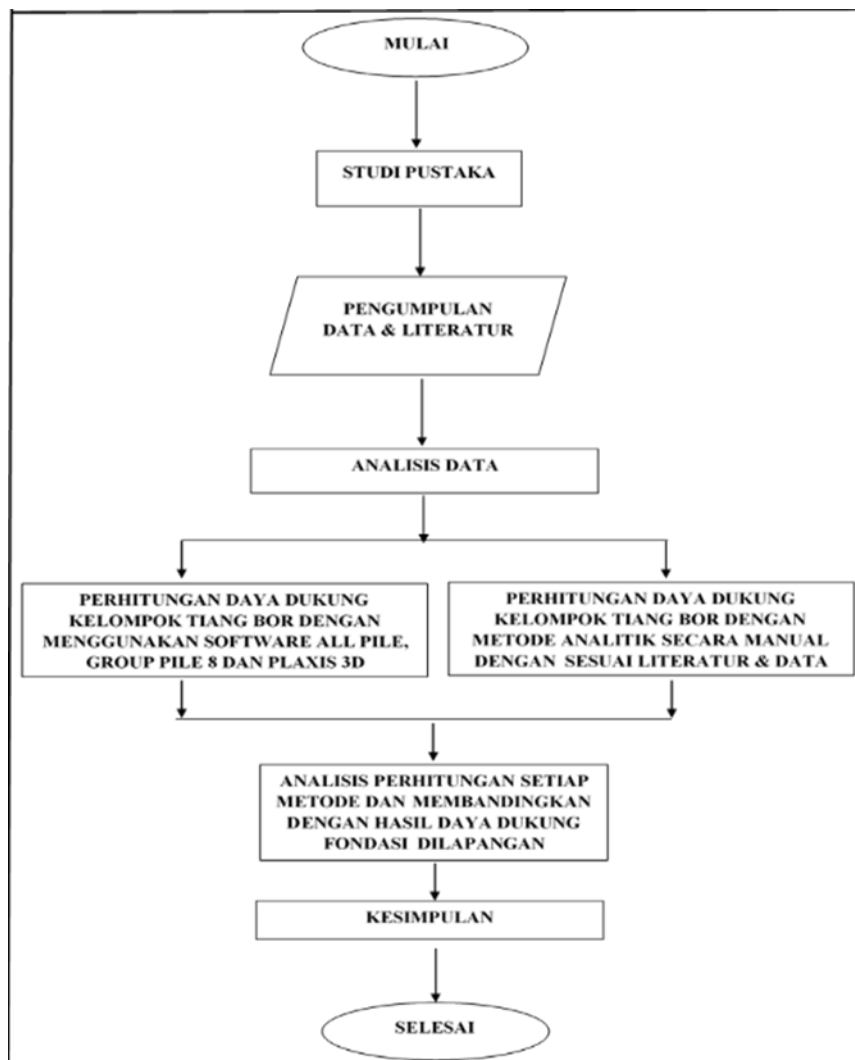
Struktur atas dan bawah jembatan sesuai data teknis dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur jembatan & fondasi tiang bor

### 3.3. Tahapan Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan metode tertera pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir metode penelitian

#### 4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Hasil Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Menggunakan Metode Konvensional

Perhitungan daya dukung fondasi tiang bor dengan berbagai macam metode pada *Pier 2* dan *Abutment 2* dapat di lihat hasilnya pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

**Tabel 1. Hasil Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor pada *Pier 2***

Metode Daya Dukung	$Q_u$ (ton)	$Q_{all}$ (ton)	$Q_{allgroup}$ (ton)
Reese & Oneill + Reese & Oneill	280,90	93,63	608,43
Reese & Oneill + Kulhawy	284,56	94,85	616,37
Reese & Oneill + Reese & Wright	474,22	158,07	1.027,17
Reese & Wright + Reese & Oneill	256,20	85,40	554,93
Reese & Wright + Kulhawy	259,86	86,62	562,87
Reese & Wright + Reese & Wright	449,52	149,84	973,67

**Tabel 2. Hasil Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor pada *Abutment 2***

Metode Daya Dukung	$Q_u$ (ton)	$Q_{all}$ (ton)	$Q_{allgroup}$ (ton)
Reese & Oneill + Reese & Oneill	199,72	66,57	307,97
Reese & Oneill + Kulhawy	228,65	76,22	352,58
Reese & Oneill + Reese & Wright	335,96	111,99	518,05
Reese & Wright + Reese & Oneill	196,68	65,56	303,28
Reese & Wright + Kulhawy	225,60	75,20	347,88
Reese & Wright + Reese & Wright	332,91	110,97	513,35

##### 4.2. Hasil Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Menggunakan Pemodelan *Software All Pile, Group Pile 8 dan Plaxis 3D*

###### A. All Pile

Hasil *output* menggunakan *software All Pile* pada *Pier 2* dan *Abutment 2* terdapat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** sebagai berikut:

Soil Data:							Pile Data:						
Depth	Gamma	Phi	C	K	e50 or Dr	Ns pt	Depth	Width	Area	Per.	I	E	Weight
-m	-kN/m <sup>3</sup>		-kN/m <sup>2</sup>	-MN/m <sup>3</sup>	%		-m	-cm	-cm <sup>2</sup>	-cm	-cm <sup>4</sup>	-MP	-kN/m
0	20.6	0.0	76.0	119.6	0.75	13	0.0	60	2827.4	188.5	636172.5	20676	6.503
1	20.6	0.0	79.0	126.2	0.74	13	32.0	60	2827.4	188.5	636172.5	20676	6.503
15	19.8	0.0	45.5	55.7	1.03	8							
19	20.3	0.0	59.9	85.0	0.87	10							
40	19.3	38.1	0.0	44.1	66.10	31							

Group Vertical capacity :  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 25142.275-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 25476.516-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 8380.759-kN Total Allowable Capacity (Up)= 8492.172-kN  
 OK!  $Q_{allow} > Q$

Group Settlement Calculation:  
 At  $Q_{allow}$ = 2.50-cm  $Q_{allow}$ = 24288.41-kN  
 At  $Q$ = 3204.00-kN Settlement= 0.14396-cm

**Gambar 4. Hasil *output All Pile* pada *Pier 2***

Didapat daya dukung kelompok fondasi tiang bor pada *Pier 2* sebesar  $Q_{allowable}$  1.148,76 ton.

Soil Data:							Pile Data:						
Depth -m	Gamma -kN/m3	Phi	C -kN/m2	K -MN/m3	e50 or Dr %	Ns pt	Depth -m	Width -cm	Area -cm2	Per. I -cm4	E -MP	Weight -kN/m	
0	20.3	0.0	59.9	85.0	0.87	10	0.0	60	2827.4	188.5	636172.5	20676	6.503
11	20.3	0.0	59.9	85.0	0.87	10	28.0	60	2827.4	188.5	636172.5	20676	6.503
15	20.6	0.0	79.0	126.2	0.74	13							
40	19.6	38.7	0.0	54.1	73.01	38							

Group Vertical capacity :  
 Total Ultimate Capacity (Down)= 34462.980-kN Total Ultimate Capacity (Up)= 29355.303-kN  
 Total Allowable Capacity (Down)= 11487.660-kN Total Allowable Capacity (Up)= 9785.101-kN  
 OK! Qallow > Q

Group Settlement Calculation:  
 At Xallow= 2.50-cm Qallow= 34427.78-kN  
 At Q= 3515.00-kN Settlement= 0.16841-cm

Note: If program can't find result or the result exceeds the up limits. The result shows 9999.

Gambar 5. Hasil output All Pile pada Abutment 2

Didapat daya dukung kelompok fondasi tiang bor pada Abutment 2 sebesar  $Q_{allowable}$  838 ton.

**B.Group Pile 8**

Hasil output menggunakan software Group Pile 8 pada Pier 2 dan Abutment 2 terdapat pada Gambar 6 dan Gambar 7 sebagai berikut:

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M	STRESS, KN/ M**2
1	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
2	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
3	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
4	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
5	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
6	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
7	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
8	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
9	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
MINIMUM	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
Pile N.	1	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1111.1	-4.5512E-15	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0338E-15	3929.8
Pile N.	1	1	1	1	1	1	1

Gambar 6. Hasil output Group Pile 8 pada Pier 2

Didapat  $Q_{allowable1tiang} = 111,1$  ton dan  $Q_{allowablegroup} = 721,98$  ton.

PILE GROUP	FOR. X, KN	FOR. Y, KN	FOR. Z, KN	MOM X, KN- M	MOM Y, KN- M	MOM Z, KN- M	STRESS, KN/ M**2
1	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
2	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
3	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
4	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
5	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
6	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
MINIMUM	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
Pile N.	1	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	1666.7	2.5860E-14	0.0000	0.0000	0.0000	-1.2218E-14	5894.6
Pile N.	1	1	1	1	1	1	1

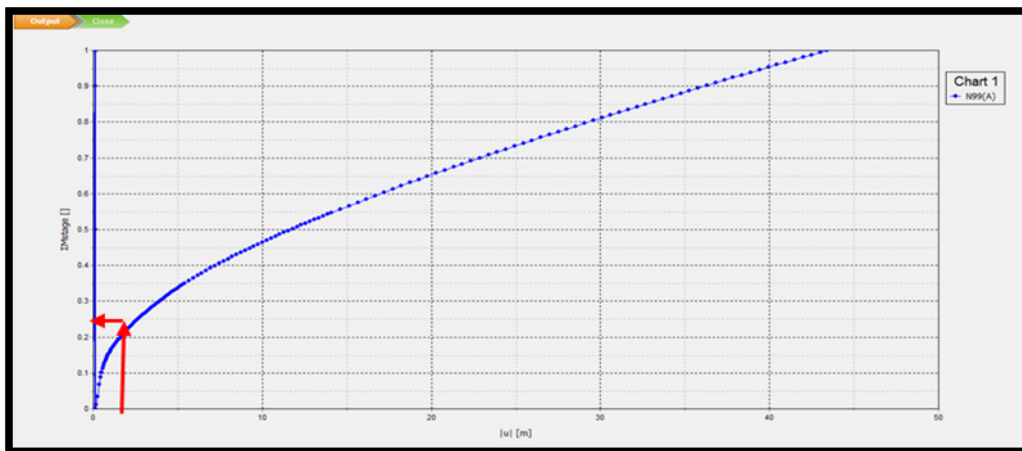
Gambar 7. Hasil output Group Pile 8 pada Abutment 2

Didapat  $Q_{allowable1tiang} = 166,7$  ton dan  $Q_{allowablegroup} = 770,01$  ton.



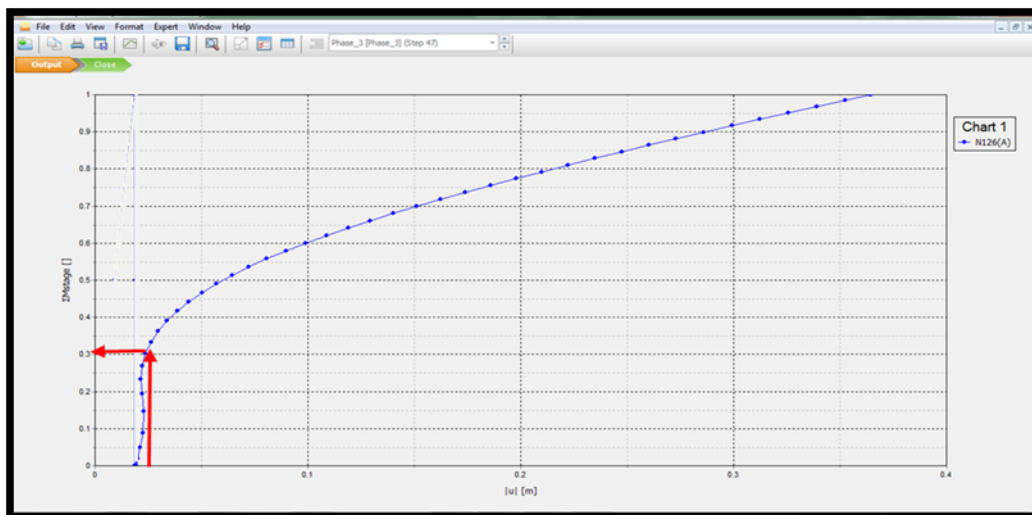
Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Bor pada Jembatan Moh Toha  
(di Proyek Penambahan Lajur Tol Kopo – Buah Batu)

Hasil *output* menggunakan *software* Plaxis 3D pada *Pier 2* dan *Abutment 2* terdapat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9** sebagai berikut:



**Gambar 8. Hasil *output* Plaxis 3D pada *Pier 2***

Di dapat  $Q_{allowablegroup} = Q_{ultimategroup} / S_f = 17.939,948 / 3 = 5.979,98 \text{ kN} = 597,99 \text{ ton}$ .



**Gambar 9. Hasil *output* Plaxis 3D pada *Abutment 2***

Didapat  $Q_{allowablegroup} = Q_{ultimategroup} / S_f = 16.553,40 / 3 = 5.517,8 \text{ kN} = 551,78 \text{ ton}$ .

#### 4.3. Pembahasan Hasil Daya Dukung Fondasi Tiang Bor

Didapat hasil daya dukung kelompok tiang bor lapangan menggunakan uji PDA sebesar **1.371,07 ton** pada *Pier 2* dan sebesar **1.341,54 ton** pada *Abutment 2* dan dapat di lihat hasil selisih dengan hasil analisis dan pemodelan *software* pada **Tabel 3** untuk pada *Pier 2* dan pada **Tabel 4** pada *Abutment 2* sebagai berikut:

**Tabel 3. Selisih Antara Hasil Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Analisis dengan Hasil di Lapangan pada *Pier 2***

Hasil Data	Metode	$Q_{allgroup}$ (ton)	Selisih (%)
Lapangan	PDA (Pile Driving Analyzer)	1.371,07	-
	Reese & Oneill + Reese & Oneill	608,43	55,62
Metode Analisis	Reese & Oneill + Kulhawy	616,37	55,05
	Reese & Oneill + Reese & Wright	1027,17	25,08
	Reese & Wright + Reese & Oneill	554,93	59,53
	Reese & Wright + Kulhawy	562,87	58,95
	Reese & Wright + Reese & Wright	973,67	28,99
	All Pile	1148	16,27
Software	Group Pile 8	719,93	47,49
	Plaxis 3D	580	57,70

**Tabel 4. Selisih Antara Hasil Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Analisis dengan Hasil di Lapangan pada *Abutment 2***

Hasil Data	Metode	$Q_{allgroup}$ (ton)	Selisih (%)
Lapangan	PDA (Pile Driving Analyzer)	1.341,54	-
	Reese & Oneill + Reese & Oneill	307,97	77,04
Metode Analisis	Reese & Oneill + Kulhawy	352,58	73,72
	Reese & Oneill + Reese & Wright	518,05	61,38
	Reese & Wright + Reese & Oneill	303,28	77,39
	Reese & Wright + Kulhawy	347,88	74,07
	Reese & Wright + Reese & Wright	513,35	61,73
	All Pile	838	37,53
Software	Group Pile 8	770,01	42,60
	Plaxis 3D	551,78	58,87

Pembahasan selanjutnya tentang acuan penurunan kelompok fondasi yang digunakan untuk mencari  $Q_{ultimate}$  yaitu tidak lebih dari 25 mm menurut Reese (1978) yang di jelaskan dalam buku *Foundation Analysis and Design* penulis Joseph E Bowles (1997) Selain itu menurut Moulton (1985) dan AASHTO menjelaskan bahwa batas toleransi deformasi fondasi akibat beban aksial dan horizontal pada yaitu 1 inch atau 2,54 cm didalam buku *Design and Construction Driven Pile Foundations- Volume I - FHWA* penulis Patrick J Hanigan, PE, et all (2016). Dan penurunan untuk khusus struktur bawah jembatan menurut Moulton dan AASHTO yaitu pada **Tabel 5**.

**Tabel 5. Kriteria Batasan Penurunan Fondasi Tiang Kelompok Akibat Beban**

Foundation	Criteria	References
Pile And Group	$h \leq 1.0$ inch when $\sigma_h$ and $\sigma_v$ combined $\sigma_h \leq 1.0$ inch only $\sigma_h$	Moulton, 1995

(Sumber: Orr, 2008)

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan:

1. Hasil efisiensi group kelompok tiang bor menggunakan metode Fled dengan nilai pada *Pier 2* = 0,722 dan pada *Abutment 2* = 0,771 .
2. Penurunan tiang tunggal didapat menggunakan metode konvensional dengan rumus empiris di *Pier 2* sebesar 2,29 cm dan penurunan tiang kelompok di *Pier 2* dengan menggunakan metode Vesic sebesar 1,618 cm.
3. Penurunan tiang tunggal didapat menggunakan metode konvensional dengan rumus empiris di *Abutment 2* sebesar 2,4 cm dan penurunan tiang kelompok di *Abutment 2* dengan menggunakan metode Vesic sebesar 1,34 cm.
4. Perhitungan daya dukung selimut berdasarkan faktor jenis tanah kohesif atau non kohesif saja.
5. Setelah di analisis efisiensi yang digunakan *software All Pile* adalah 100 % untuk pada perhitungan daya dukung kelompok tiang bor di *All Pile*.
6. Perhitungan  $Q_{ultimate}$  yang di gunakan pada Plaxis 3D dengan penurunan aksial sebesar 1 inch berdasarkan referensi yang terdapat pada pembahasan.
7. Semua hasil daya dukung kelompok tiang bor dengan cara analisis metode konvensional dan pemodelan *software* dibawah nilai pengujian PDA di lapangan dan semua metode memiliki kapasitas daya dukung kelompok fondasi tiang bor > Qbeban.
8. Kekuatan tanah pada lapisan pasir tufaan mempengaruhi hasil daya dukung kelompok fondasi tiang bor karena berdasarkan hasil grafik uji lapangan bahwa di lapisan pasir tufaan memiliki daya dukung ujung dan selimut yang besar dibandingkan hasil perhitungan analisis. Mungkin bahwa pasir tufaan berbeda sifat tanah nya dengan pasir biasa karena pasir tufaan berasal dari sisa hasil kegiatan vulkanisme yang mengeluarkan material halus atau debu vukanis dan kemudian di endapkan.
9. Di peroleh daya dukung kelompok fondasi tiang bor di *Pier 2* yang paling mendekati dengan hasil uji PDA di lapangan yaitu dengan metode pemodelan *software All Pile* dengan selisih 16,27 %.
10. Daya dukung kelompok fondasi tiang bor di *Abutment 2* yang paling mendekati dengan hasil uji PDA di lapangan yaitu dengan metode pemodelan *software All Pile* dengan selisih 37,53 %.

## DAFTAR RUJUKAN

- Bowles, J. E. (1997). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN*. Singapore: McGraw-Hill.
- Geotechnical Engineering Center. (2013). *Manual Pondasi Tiang* (4 ed.). Bandung: Deep Foundation Research Institute (DFRI).
- Haningan, P. J. (2016). *Geotechnical Engineering Circular No. 12 - Volume 1 Design and Construction of Driven Pile Foundation*. USA: National Highway Institute.
- Orr, T. L. (2008). *Evaluation of Eurocode 7*. Dublin: Trinity College.