

## **TINJAUAN ULANG DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED PILE PADA PEMBANGUNAN JALAN LAYANG KAPT. TENDEAN – BLOK M – CILEDUK, PAKET SANTA SECTION P10 – P11**

**Putera Agung Maha Agung, Kresnadi Wicaksono Djuwari dan Muhammad Firas Andanawarih**

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, Jalan G.A Siwabessy kampus baru UI,  
Depok

Email : putera\_agung2002@yahoo.com, djikresna@gmail.com, firasandnwrh@yahoo.com

### **ABSTRACT**

*Foundation is one of important component for fly over construction, since the foundation, it would retain working loads at above. Soil investigation is very required to design a foundation, especially bor-logging to make sure a depth of hard layer. Because of this project has the depth of hard layer more than 20 meters, it ought to use pile foundation. Bor-Pile is selected because it could be fit to condition around the project. Recalculation is performed on fly over construction project of Kapt. Tendean – Blok M – Cileduk, Package of Santa Section P10 - P11. Calculation of foundation bearing capacity and settlement is conducted apply manual using Terzaghi and Meyerhof methods and also Allpile software computer program. Calculation of foundation bearing capacity for one pile at P10 using Terzaghi and Meyerhof methods according to SPT P10 data resulted  $Q_{all} = 580,6$  ton, and SPT P11 found  $Q_{all} = 751,5$  ton. Calculation of group pile foundation using efficiency value of Converse-Labarre methods at P10 equal 0,82 is obtained  $Q_{pg} = 1911,2$  ton while at P11 with efficiency value equal 0,75 is resulted  $Q_{pg} = 2277,9$  ton. Settlement group pile foundation at P10  $S_g = 8,1$  cm and at P11  $S_g = 8,86$ . Based on results from Allpile software at P10 is obtained  $Q_{all} = 754,1$  ton,  $Q_{pg} = 3016,7$  ton, at P11  $Q_{all} = 392,5$  ton,  $Q_{pg} = 515,9$  ton. Settlement group pile foundation at P10 = 0,15 cm and at P11 = 0,56 cm.*

*Keywords: Foundation, bored pile, Allpile*

### **ABSTRAK**

*Pondasi menjadi komponen penting untuk konstruksi jalan layang, karena pondasi yang akan menahan beban yang bekerja di atasnya. Penyelidikan tanah sangat diperlukan untuk merencanakan pondasi, terutama penyelidikan bor untuk memastikan kedalaman tanah keras. Karena pada proyek ini, kedalaman tanah keras lebih dari 20 meter, maka harus digunakan pondasi tiang. Pondasi bored pile dipilih karena menyesuaikan dengan keadaan di sekeliling proyek. Tinjauan ulang dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Layang Kapt. Tendean – Blok M – Cileduk, Paket Santa Section P10-P11. Perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi dilakukan dengan metode manual menggunakan metode Terzaghi dan Meyerhof dan menggunakan program komputer Allpile. Perhitungan daya dukung pondasi satu tiang P10 metode Terzaghi dan Meyerhof berdasarkan data SPT P10  $Q_{all} = 580,6$  ton, SPT P11  $Q_{all} = 751,5$  ton. Perhitungan pondasi tiang kelompok berdasarkan nilai efisiensi metode Converse-Labarre P10 = 0,82 didapatkan  $Q_{pg} = 1911,2$  ton sedangkan P11 = 0,75 didapatkan  $Q_{pg} = 2277,9$  ton. Penurunan pondasi tiang kelompok P10  $S_g = 8,1$  cm dan P11  $S_g = 8,86$ .*

Berdasarkan Hasil dari output Allpile pada P10 didapat  $Q_{all} = 754,1$  ton,  $Q_{pg} = 3016,7$  ton, P11  $Q_{all} = 392,5$  ton,  $Q_{pg} = 515,9$  ton. Penurunan kelompok P10=0,15 cm dan P11=0,56 cm.

**Kata kunci:** Pondasi, bored pile, Allpile

## PENDAHULUAN

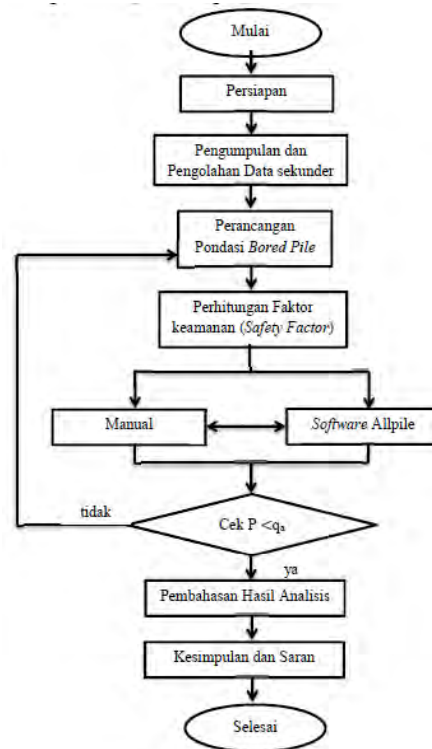
Pondasi menjadi komponen penting bagi sebuah jalan layang, karena pondasi inilah yang akan menopang dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya. Pada pembangunan JLNT Kapt. Tendean – Blok M – Cileduk paket santa seksi P10 – P11, perhitungan perencanaan pondasi pada konstruksi jalan layang tersebut tidak dilakukan perhitungan secara rinci dan detail sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang pada perencanaan pondasi. Tujuan penulisan adalah :

1. Meninjau ulang daya dukung dan penurunan pondasi *bored pile* dengan variasi diameter pada konstruksi jalan layang yang digunakan di lapangan.
2. Menilai syarat faktor keamanan pondasi *bored pile* telah terpenuhi.

Pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu. Pemasangan pondasi *bored pile* ke dalam tanah dilakukan dengan pengeboran tanah setelah itu diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang disebut dengan *temporary casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran. Data – data yang diperlukan dalam mendesain suatu pondasi antara lain : SPT atau Sondir, dan data hasil uji laboratorium tanah. Apabila data – data yang tersedia tidak lengkap, bisa menggunakan korelasi – korelasi yang ada.

Dasar dalam pemilihan pondasi antara lain adalah: keadaan tanah pada proyek dan keadaan sekeliling proyek. Untuk pembebanan pada pondasi, disini digunakan RSNI T-02-2005 “Standar Pembebanan Untuk Jembatan”, antara lain : aksi & beban tetap dan beban lalu lintas.

## METODA PENELITIAN



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Manual

#### Daya Dukung Ultimit P10

a. Daya dukung Ujung Tiang  
Digunakan metode terzaghi & meyerhoff :

$$N_1 = 43,33$$

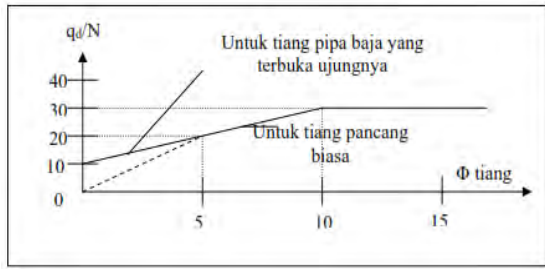
$$N_2 = \frac{43,33 + 25 + 41,17 + 43,33}{4}$$

$$N_2 = 37,916$$

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

$$N = 40,625$$

Karena nilai  $N$  lebih dari 40, maka nilai  $N$  yang digunakan dalam perencanaan adalah 40



$$l/D = \frac{3}{1,5} = 2$$

$$\frac{q_d}{N} = 14$$

$$q_d = 14 \times N$$

$$q_d = 14 \times 40 = 560 \text{ ton/m}^2$$

Maka hasil daya dukung pada ujung tiang adalah :

$$Q_b = q_d \cdot A$$

$$Q_b = 560 \cdot 1,76 = 989,1 \text{ ton}$$

b. Tahanan Gesek Pada Ujung Tiang

Karena kedalaman rencana ada pada 22 meter, sehingga tabel yang ditampilkan mulai dari 22 meter.

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N	N'60	li	fi	li.fi	Σ li.fi
22,5-24	Lanau Berpasir	52	43,33	22,7	12	18	159,8

$$Q_s = U \sum li \cdot fi$$

U = Keliling Tiang

$$Q_s = 3,14 \times 1,5 \times 159,8 = 752,8 \text{ ton}$$

Lalu daya dukung ultimitnya adalah,

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$Q_u = 989,1 + 752,8 = 1741,91 \text{ ton}$$

Daya dukung yang diizinkan adalah,

$$Q_a = \frac{Q_u}{FK}$$

$$Q_a = \frac{1741,91}{3} = 580,63 \text{ ton}$$

P (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
8206	1971	417	238	2732

Setelah didapat  $Q_{all}$ , bandingkan dengan rumus tegangan ijin:

$$\sigma_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

$$\sigma = \frac{8206}{1} \pm \frac{2732 \cdot 0,75}{0,75^2 + 0,75^2} \pm \frac{238 \cdot 0,75}{0,75^2 + 0,75^2}$$

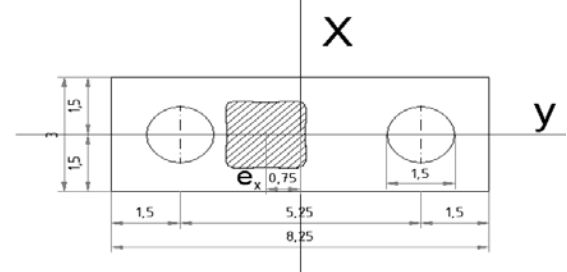
$$\sigma_{max} = 1018,6 \text{ ton}$$

$$\sigma_{min} = 622,6 \text{ ton}$$

Syarat Pondasi aman :  $\sigma_{max} < q_a$

$$1018,6 \text{ ton} > 580,63 \text{ ton (Tidak Ok)}$$

Dicoba kelompok 2 tiang dan 4 tiang



Rumus Converse – Labarre

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

$$E_g = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{1,5}{5,25}\right)}{90} \cdot \frac{(1-1)2 + (2-1)2}{2 \cdot 1}$$

$$E_g = 0,91$$

Lalu dilakukan perhitungan kapasitas dukung kelompok tiang dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{pg} = E_g \cdot Q_a \cdot n$$

$$Q_{pg} = 0,91 \times 580,63 \times 2 = 1056,74 \text{ ton}$$

Syarat keamanan pondasi :  $\sigma_{max} < q_{pg}$

$$\sigma_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum x^2}$$

Apabila ada eksentrisitas maka,

$$M_x = e_y \cdot V \quad M_y = e_x \cdot V$$

$$\sigma_1 = \frac{8206}{2} \pm \frac{2,625 \cdot 0,75 \cdot 8206}{2,625^2 + 2,625^2}$$

$$\sigma_{1 \max} = 527,5 \text{ ton (Untuk 1 Pile)}$$

$$\sigma_{1 \max} = \sigma_{2 \max}$$

$$\sigma_{\max} = 527,5 \times 2 = 1055,06 \text{ ton}$$

$$\sigma_{1 \min} = 293,07 \text{ ton}$$

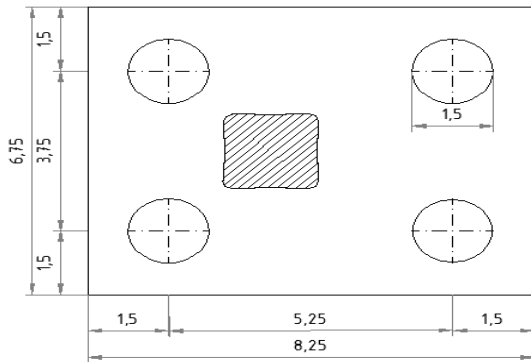
$$\sigma_{1 \min} = \sigma_{2 \min}$$

$$\sigma_{\min} = 293,07 \cdot 2 = 586,14 \text{ ton}$$

Cek keamanan pondasi :

$$\sigma_{\max} < Q_{pg}$$

$$1055,06 \text{ ton} < 1056,74 \text{ ton (Ok!)}$$



Maka didapat,

$$\sigma_i = \frac{V}{n} \pm \frac{e_x \cdot V \cdot X_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

$$\sigma_{1\max} = \frac{8206}{4} + \frac{0,75 \cdot 8206 \cdot 2,625}{2,625^2 + 2,625^2} + \frac{238 \cdot 1,875}{1,875^2 + 1,875^2}$$

$$= 3287,252 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1\min} = \frac{8206}{4} - \frac{0,75 \cdot 8206 \cdot 2,625}{2,625^2 + 2,625^2} - \frac{238 \cdot 1,875}{1,875^2 + 1,875^2}$$

$$= 815,74 \text{ kN}$$

$$\sigma_{2\max}, \sigma_{3\max}, \sigma_{4\max} = \sigma_{1\max}$$

$$\sigma_{2\min}, \sigma_{3\min}, \sigma_{4\min} = \sigma_{1\min}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{1\max} + \sigma_{2\max} + \sigma_{3\max} + \sigma_{4\max}$$

$$\sigma_{\max} = 13149,01 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_{1\min} + \sigma_{2\min} + \sigma_{3\min} + \sigma_{4\min}$$

$$\sigma_{\min} = 3262,99 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\max} < q_a$$

$$13149,01 \text{ kN} < 19112,03 \text{ kN (OK!)}$$

### Penurunan P10

a. Penurunan Tiang Tunggal

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S_1 = \frac{(Q_b + \alpha \cdot Q_s) L}{A_b \cdot E_p}$$

$$E_p = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$E_p = 4700 \sqrt{30}$$

$$E_p = 25742,96 \text{ Mpa} \sim 25742960 \text{ kN/m}^2$$

$$S_1 = \frac{(Q_{bi,jin} + \alpha Q_{si,jin}) L}{A_b \cdot E_p}$$

$$S_1 = \frac{(3287 + 0,5 \cdot 2509,383) 22}{1,76 \cdot 25742960}$$

$$S_1 = 0,0022 \text{ m} \sim 0,22 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{c_p \cdot Q_b}{d \cdot q_b}$$

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 - 0,04	0,09 - 0,18
Lempung	0,02 - 0,03	0,03 - 0,06
Lanau	0,03 - 0,05	0,09 - 0,12

$$q_p = 5600 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = \frac{0,09 \times 3287}{1,5 \times 5600}$$

$$S_2 = 0,0353 \text{ m} \sim 3,53 \text{ cm}$$

$$S_3 = \left( \frac{Q_{bi,jin}}{P \times L} \right) \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{ws}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{22}{1,5}}$$

$$I_{ws} = 3,34$$

$$S_3 = \left( \frac{3287}{103,62 \times 22} \right) \times \frac{1,5}{10406,25} \times (1 - 0,34^2) \times$$

$$3,34$$

$$S_3 = 0,000616 \text{ m} \sim 0,061 \text{ cm}$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

$$S = 0,22 + 3,53 + 0,061$$

$$S = 3,81 \text{ cm}$$

b. Penurunan Kelompok Tiang P10

Metode Vesic

Dirumuskan dengan :

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

$$S_g = 3,81 \sqrt{\frac{6,75}{1,5}}$$

$$S_g = 0,080 \text{ m}$$

$$S_g = 8,1 \text{ cm}$$

### Daya Dukung Ultimit P11

Daya dukung ultimit dan penurunan tiang tunggal untuk pengerjaannya sama dengan P10

Perbedaan dengan P10 adalah pada penurunan P11 ada penurunan konsolidasi.

Yang kedua dengan cara penurunan konsolidasi yang cara pengerjaannya sebagai berikut :

Lapisan	Kedalaman (m)	$\gamma$	h	$\sigma_{v0}$	$\sigma_{v0}$ Kumulatif
1	0 - 1,5	16	1,5	24	-
2	1,5 - 7,5	19	6	114	-
3	7,5 - 15	20	7,5	150	-
4	15 - 16,5	20	1,5	30	30
5	16,5 - 19,5	20	3	60	90
6	19,5 - 22,5	21	3	63	153
7	22,5 - 30	21	7,5	157,5	310,5
8	30 - 31,95	20	1,95	39	349,5

$\sigma_{v0} = \gamma x h$   
 $\sigma_{v0} = 16 \times 1,5 = 24 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_{v0} = 19 \times 6 = 114 \text{ kN/m}^2$   
 Beban mulai disebarikan pada kedalaman  $\frac{2}{3}L$ , yaitu pada kedalaman 15,33 m (

Lapisan 4 )

$\sigma_{v0}$  Komulatif =  $\gamma_1 x h_1 + \gamma_2 x h_2$

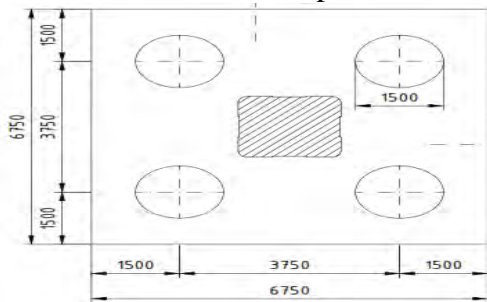
$\sigma_{v0}$  Komulatif =  $24 + 114 = 138 \text{ kN/m}^2$

Sehingga  $\sigma_{v0}$  Komulatif dihitung mulai

dari lapisan 4 – lapisan 8 =

$30 + 60 + 63 + 157,5 + 39 = 349,5$

Untuk memperoleh nilai  $\delta.\sigma_v$ , pertama harus mencari  $I_z$ ,  $I_z$  didapat dari:



$$B_1 = \frac{6,75}{2} = 3,375 \text{ m}$$

$$L_1 = \frac{6,75}{2} = 3,375 \text{ m}$$

$$m_1 = \frac{B_1}{Z} = \frac{3,375}{31} = 0,11$$

$$n_1 = \frac{L_1}{Z} = \frac{3,375}{31} = 0,11$$

Dengan memplotkan nilai m dan n maka didapat  $I_z = 0,0047$

$$\delta\sigma_v = 4.I_z.P = 4 \times 0,0047 \times 7623 = 143,3124 \text{ kN}$$

Data – data lain :

$$C_c = 0,04$$

$$C_r = 0,015$$

$$\sigma'_c = 375 \text{ kN/m}^2$$

$$e_0 = \omega x G_s$$

$$e_0 = 0,3683 \times 2,67 = 0,98$$

H ( Ketebalan Tanah Lempung ) = 2 m ( dari kedalaman 30 – 32 m )

$$OCR = \frac{P_c'}{P_o'}$$

$$OCR = \frac{375}{349,5} = 1,073 \quad (\text{Overconsolidated})$$

Penurunan Konsolidasi :

$$\sigma'_{v0} + \delta.\sigma_v = 349,5 + 143,3124 = 492,8124 \geq 375$$

(Digunakan Rumus yang kedua)

$$S_c = 0,015 \cdot \frac{2}{1+0,98} \cdot \log \cdot \frac{375}{349,5} + 0,04 \cdot \frac{2}{1+0,98} \cdot \log \cdot \frac{349,5+143,3124}{375}$$

$$S_c = 0,005263 \text{ m} = 0,5263 \text{ cm}$$

Sehingga total penurunan kelompok tiang di P11 adalah :

$$S_g + S_c = 8,18047 + 0,5263 = 8,7067 \text{ cm}$$

(Untuk 4 Tiang)

$$S_g + S_c = 5,45365 + 0,5263 = 5,9799 \text{ cm}$$

(Untuk 2 Tiang)

### Summary Perhitungan Daya Dukung dan Penurunan

Dengan menggunakan variasi diameter didapat hasil perhitungan sebagai berikut :  
 Daya Dukung P10

Summary Qall & Qpg						
Depth (m)	D (m)	Qall (kN)	Eg 4 Tiang	Qpg 4 Tiang (kN)	Eg 2 Tiang	Qpg 2 Tiang (kN)
22	0,5	1191,347	0,94	4477,34	0,97	2310,68
	0,75	2053,184	0,91	7470,85	0,95	3920,90
	1	3974,717	0,88	13994,54	0,94	5900,62
	1,25	4380,736	0,85	14915,92	0,93	8109,72
	1,5	5806,383	0,82	19112,03	0,91	10584,39
	1,75	7377,801	0,80	23467,96	0,90	13244,79

### Penurunan P10

Depth (m)	D (m)	S <sub>1</sub> (cm)	S <sub>2</sub> (cm)	S <sub>3</sub> (cm)	S (cm)	Sg 4 Tiang (cm)	Sg 2 Tiang (cm)
22	0,5	0,336	1,178	0,0086	1,5	5,6	3,7
	0,75	0,276	1,766	0,0174	2,1	6,2	4,1
	1	0,296	2,355	0,0448	2,7	7,0	4,7
	1,25	0,232	2,944	0,0444	3,2	7,5	5,0
	1,5	0,220	3,533	0,0616	3,8	8,1	5,4
	1,75	0,210	4,121	0,0807	4,4	8,7	5,8

### Daya Dukung P11

Summary Qall & Qpg						
Depth (m)	D (m)	Qall (kN)	Eg 4 Tiang	Qpg 4 (kN)	Eg 2 Tiang	Qpg 2 (kN)
23	0,5	1336,03	0,9156667	4893,4	0,9577778	2559,2
	0,75	2998,54	0,8743333	10487	0,9371667	5620,3
	1	4372,01	0,8341111	14587	0,9170556	8018,8
	1,25	5777,45	0,7952222	18377	0,8975833	10371
	1,5	7515,07	0,7577778	22779	0,8788889	13210
	1,75	9442,94	0,722	27271	0,861	16261

**Penurunan P11**

Summary Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok											
Depth	D	S1	S2	S3	S	Sg 2 Tiang	Sg 4 Tiang	Sc	Total (2 Tiang) (cm)	Total (4 Tiang) (cm)	
23	0,5	0,39	1,18	0,008	1,57	2,23	4,72	0,526	2,75	5,25	
	0,75	0,39	1,77	0,016	2,17	3,1	5,74		3,6	6,27	
	1	0,33	2,36	0,027	2,72	3,84	6,65		4,37	7,18	
	1,25	0,29	2,94	0,037	3,27	4,63	7,24		5,15	7,77	
	1,5	0,27	3,53	0,053	3,86	5,45	8,18		5,97	8,71	
	1,75	0,26	4,12	0,071	4,45	6,29	9,66		6,82	10,19	

**Analisis Software AllPile**

Allpile adalah program komputer sederhana yang dapat menghitung daya dukung dan penurunan pondasi tiang. Program ini dikembangkan oleh Civiltech Software Co. yang berbasis di Seattle-Bellevue, USA. Penggunaan program ini bertujuan untuk membandingkan dengan hasil analisis manual.

Data-data yang dimasukkan kedalam program Allpile adalah data N-SPT koreksi atau  $N'_{60}$  pada P10 dan P11, parameter tanah berdasarkan data boring profile, data kohesi berdasarkan korelasi dari hubungan antara c dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif (Terzaghi, 1943), beban vertikal menggunakan data dari beban struktur yang bekerja di P10 dan P11, semua faktor keamanan untuk perhitungan adalah 3, dan data-data yang belum diketahui secara otomatis.

Berikut perbandingan hasil analisis manual dan analisis software Allpile

**Perbandingan Daya Dukung P10**

No.	Analisis	Qall (kN)	Qpg (kN)
1	Manual	5806,3	19112,03
2	Program Allpile	7541,75	30167

**Perbandingan Daya Dukung P11**

No.	Analisis	Qall (kN)	Qpg (kN)
1	Manual	7515,1	22779,002
2	Program Allpile	3925,25	5159,88

**Perbandingan Penurunan P10**

No.	Analisis	S (cm)	S <sub>g</sub> (cm)
1	Manual	3,8	8,1
2	Program Allpile	0,52	0,15

**Perbandingan Penurunan P11**

No.	Analisis	S (cm)	S <sub>g</sub> (cm)
1	Manual	3,86	8,86
2	Program Allpile	0,53	0,56

**KESIMPULAN**

1. Dari analisis tinjauan daya dukung dan penurunan, pada P10 dengan menggunakan diameter 1,5 m dengan jumlah 4 tiang seperti di lapangan didapat daya dukung kelompok tiang sebesar 17599,79 kN dan beban maksimum yang bekerja di pile cap tersebut adalah 13149,01 ( $P_{max} < Q_{pg} = Ok / Aman$ ) dan penurunan yang didapat adalah 8,1 cm. Pada P11 dengan menggunakan diameter 1,5 m dengan jumlah 4 tiang seperti di lapangan didapat daya dukung kelompok tiang sebesar 22779 kN dan beban maksimum yang bekerja di pile cap tersebut adalah 9075,299 kN ( $P_{max} < Q_{pg} = Ok / aman$ ) dan penurunan total yang didapat adalah 8,71 cm. Tinjauan ulang pondasi bored pile pada P10 dan P11 menggunakan beberapa variasi diameter yaitu 0,5 m, 0,75 m, 1 m, 1,25 m, 1,75 m.
2. Dari hasil perhitungan diatas pada P10 dan P11 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan diameter dan jumlah tiang yang sama dengan yang digunakan di lapangan, yaitu 1,5 m dengan menggunakan pondasi 2 tiang sudah memenuhi syarat keamanan dalam perencanaan pondasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Christady, Hary, Hardiyatmo, Agustus 2011, Analisis dan Perencanaan Fondasi I, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

[2] Christady, Hary, Hardiyatmo, September 2011, Analisis dan Perencanaan Fondasi II,

- Universitas Gadjah Mada,  
Yogyakarta
- [3] Christady, Hary, Hardiyatmo, 1992,  
*Mekanika Tanah 1*
- [4] Christady, Hary, Hardiyatmo, 1994,  
*Mekanika Tanah 2*
- [5] M. , Braja, Das, 1995, *Mekanika Tanah (prinsip – prinsip rekayasa geoteknis) Jilid 2*
- [6] Nur, Zainal, Arifin , Respati, Sri, 1995, *Buku Ajar Pondasi*
- [7] RSNI T-02 – 2005 , *Standar Pembebanan Pada Jembatan*, Departemen Pekerjaan Umum, 2005
- [8] Sosrodarsono, Suyon, Nakazawa, Kazuto . 2005, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*

