

Desain Alternatif Pondasi Bored Pile Menggunakan Metode Statis dan Plaxis 3D pada Jembatan Sine STA 0+32 Proyek Pembangunan Jalur Lintas Selatan Lot 6A Pantai Sine – Batas Blitar 1

Kumara Ulya Sari dan Mohammad Muntaha

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: mohamad_m74@ce.its.ac.id

Abstrak—Perencanaan pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis pondasi, kondisi sekitar dan struktur tanah. Pondasi tiang bor (*bored pile*) menjadi pilihan pada Jembatan Sine proyek pembangunan Jalur Lintas Selatan Lot 6A Pantai Sine – Batas Blitar 1. Berdasarkan hasil pengujian ulang *borhole*, nilai SPT (*Standard Penetration Test*) tanah di lapangan lebih kecil dibandingkan dengan data borlog perencanaan. Perencanaan ulang konfigurasi pondasi *bored pile* sebagai desain alternatif dari struktur bawah Jembatan Sine dengan menghitung daya dukung maupun penurunan. Struktur atas Jembatan dihitung untuk memperoleh gaya reaksi pada dasar bangunan. Perhitungan daya dukung pondasi menggunakan metode statis yaitu *Reese and O'Neill* dan *Finite Element Method (FEM)* berupa *Plaxis 3D*. Hasil, pondasi boredpile direncanakan berdiameter D60cm, D80cm dan D100cm. Pada lima titik borhole didapatkan 15 type konfigurasi pondasi dengan kedalaman BH-A1 50 m, BH-P1 50 m, BH-P2 56 m, BH-P3 56 m dan BH-A2 50 m. Kapasitas dukung tanah terkecil terdapat pada titik P1 dengan diameter pondasi 60 cm sebesar 229.90 ton di kedalaman 50 m. Sedangkan kapasitas dukung tanah terbesar terdapat pada titik P3 dengan diameter pondasi 100 cm sebesar 584.82 ton di kedalaman 56 m. Pemodelan dengan program komputer *Plaxis 3D* dimodelkan berdasarkan hasil perhitungan metode statis. Untuk hasil analisa penurunan didapatkan angka penurunan metode *Plaxis 3D* lebih kecil dari pada perhitungan metode statis dengan selisih rata-rata untuk penurunan tiang tunggal 49% dan penurunan kelompok tiang 15%.

Kata Kunci—*Daya Dukung, Penurunan, Plaxis 3D, Pondasi Boredpile.*

I. PENDAHULUAN

PEMBANGUNAN infrastruktur di Indonesia oleh Kementerian PUPR semakin meningkat khususnya akses jalan untuk wilayah Pulau Jawa. Selain jalan tol, jalan lintas antar provinsi menjadi perhatian, khususnya wilayah jalan lintas Pantai Selatan (Pansela). Pembangunan pansela yang ada di Jawa Timur melalui 14 Kabupaten yang salah satunya adalah paket proyek pembangunan Jalan Lintas Selatan (JLS) Lot 6A Pantai Sine – Batas Blitar 1 (Jalan dan Jembatan) di pesisir kabupaten Tulungagung.

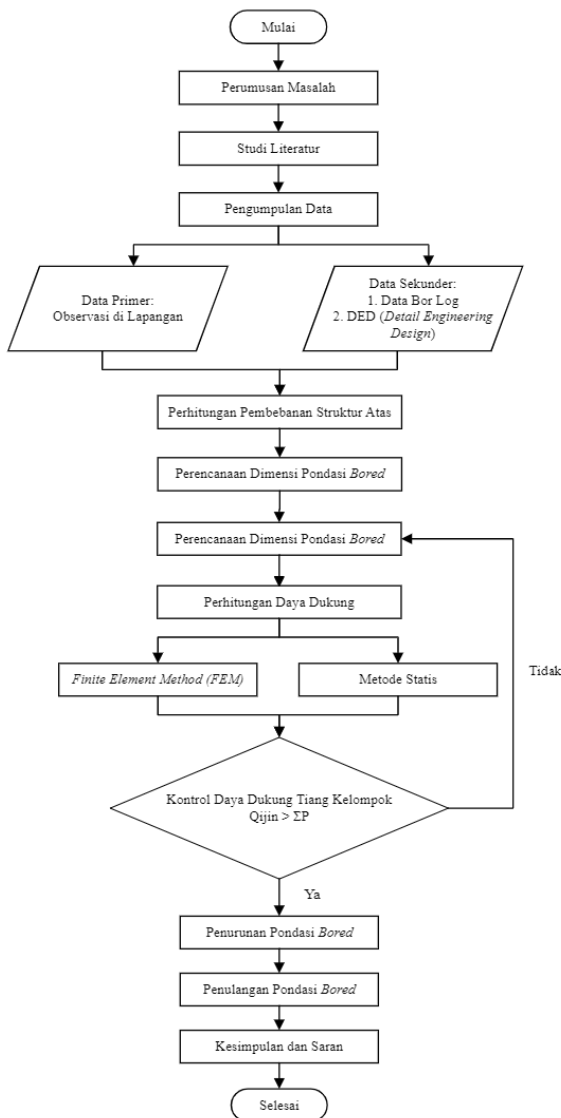
Pondasi adalah struktur bangunan paling bawah yang terhubung dengan tanah serta berfungsi memikul seluruh beban struktur yang berada diatas dan diteruskan dibawah lapisan tanah [1]. Perencanaan pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis pondasi, kondisi sekitar dan struktur tanah. Tanah harus mampu memikul beban yang ada di atasnya



Gambar 1. Lokasi Pembangunan Jembatan Sine STA 0+325.

tanpa kegagalan geser (*shear failure*) dan dengan penurunan yang dapat ditoleransi. Jembatan Sine Sta 0+325 merupakan jembatan bentang panjang yaitu 138,478m yang bertumpu pada 2 abutment dan 3 pilar. Pembangunan jembatan Sine terletak pada endapan pantai (delta) yang terdiri dari lapisan pasir, lempung kelanauan, dan batuan dasar berupa batuan kapur yang cukup dalam (>45 m), permukaan air tanah relatif dangkal dan dimungkinkan adanya potensi likuifaksi.

Nilai SPT (*Standard Penetration Test*) dari pengujian *boring* ulang yang dilakukan pada sebanyak 5 titik borhole menunjukkan kondisi tanah pada pembangunan jembatan Sine di lapangan lebih kecil dibandingkan dengan kondisi tanah pada saat perencanaan. Berdasarkan perbedaan nilai N-SPT yang signifikan, diperlukan perencanaan ulang terkait daya dukung pada masing-masing lokasi pondasi untuk mengetahui kemampuan pondasi dalam menanggung beban yang akan terjadi. Perencanaan ulang konfigurasi pondasi tiang bor sebagai desain alternatif dari struktur bawah jembatan Sine menggunakan perhitungan daya dukung dan penurunan. Struktur atas jembatan dihitung untuk memperoleh gaya reaksi pada dasar bangunan. Perhitungan daya dukung suatu pondasi menggunakan metode statis yaitu *Reese and O'Neill* dan *Finite Element Method (FEM)* yang diterapkan serta dikembangkan oleh para ahli geoteknik pada aplikasi komputer berupa *Plaxis 3D*. Penggunaan suatu aplikasi dalam menganalisis daya dukung dan sebagainya terkadang memiliki perbedaan yang jauh dengan perhitungan-perhitungan manual yang ada [2]. Perencanaan dilakukan



Gambar 2. Bagan alir tahapan perencanaan.

dengan beberapa alternatif kombinasi berbeda hingga menghasilkan konfigurasi pondasi tiang bor yang dapat dipilih sebagai alternatif terbaik.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Studi kasus proyek akhir ditetapkan di kabupaten Tulugagung. Lokasi pembangunan jembatan Sine Sta 0+325 berada pada proyek pembangunan Jalur Lintas Selatan Lot 6A pantai Sine – Batas Blitar 1 dapat dilihat pada gambar 1.

B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan dan mempelajari materi-materi yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan seperti pada gambar 2. Adapun materi yang digunakan sebagai acuan perencanaan antara lain:

1. Analisa parameter tanah
2. Teori pembebanan jembatan
3. Teori kapasitas dukung pondasi tiang bor (*Bored Pile*)
4. Penurunan pondasi tiang bor (*Bored Pile*)
5. Aplikasi komputer Plaxis 3D
6. Perhitungan penulangan pondasi

Tabel 1.
Parameter data tanah titik BH-A1

No	Depth (m)	Jenis Tanah	γ_{sat} ton/m ³	γ_t ton/m ³	C t/m ²	ϕ	E t/m ²	μ
1	2,5	Lempung berpasir	1.59	1.54	1.8	9	600	0.3
2	6,5	Pasir lempung	1.86	1.79	1	36	2000	0.35
3	10,5	Pasir berlanau	1.77	1.70	1	30	2000	0.35
4	14,5	Pasir Berlanau	1.76	1.68	0.4	29	2000	0.35
5	27,5	Lempung berlanau	1.99	1.72	5	30	435	0.3
6	37,5	Pasir berlanau	1.83	1.51	7	31	581	0.35
7	43,5	Lempung berlanau	1.98	1.30	12	34	830	0.3
8	47,5	Lempung berlanau	2.07	2.02	14	35	967	0.3
9	51,5	Batu kapur	2.23	2.14	25	41	1400	0.4

Tabel 2.
Rekap Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi	P (ton)				
		A1	P1	P2	P3	A2
1	Kombinasi 1	1017.46	1623.85	1974.56	1755.53	1326.86
2	Kombinasi 2	1017.46	1623.85	1974.56	1755.53	1326.86
3	Kombinasi 3	1017.46	1623.85	1974.56	1755.53	1326.86
4	Kombinasi 4	1017.46	1623.85	1974.56	1755.53	1326.86
5	Kombinasi 5 X	934.95	1541.34	1833.58	1614.54	1216.05
6	Kombinasi 5 Y	934.95	1541.34	1833.58	1614.54	1216.05

Tabel 3.
Rekapitulasi Nilai Qp

Kedalaman	N	N'	Cu	Qp	
					z1 (m)
0	1.5	0	0	0.00	
1.5	3.5	5	3.75	7.42	
3.5	5.5	3	3.5	6.93	
5.5	7.5	16	12.75	19.47	
7.5	9.5	16	16	24.43	
9.5	11.5	11	12.25	18.70	
11.5	13.5	10	10.25	15.65	
13.5	15.5	7	7.75	11.83	
15.5	17.5	8	7.75	11.83	
17.5	19.5	11	10.25	15.65	
19.5	21.5	11	11	16.79	
21.5	23.5	12	11.75	17.94	
23.5	25.5	12	12	23.75	
25.5	27.5	11	11.25	22.27	
27.5	29.5	11	11	16.79	
29.5	31.5	10	10.25	15.65	
31.5	33.5	9	9.25	14.12	
33.5	35.5	25	21	32.06	
35.5	37.5	18	19.75	30.15	
37.5	39.5	16	16.5	25.19	
39.5	41.5	16	16	31.67	
41.5	43.5	27	24.25	48.00	
43.5	45.5	27	27	53.44	
45.5	47.5	27	27	53.44	
47.5	49.5	29	28.5	56.41	
49.5	51.5	50	44.75	68.32	
51.5	53.5	48	48.5	74.05	

C. Pengumpulan dan Analisa Data

Data-data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data sekunder, dengan rincian sebagai berikut:

1. Data pengujian tanah di lapangan berupa data *Borelog*
2. Data struktur
3. DED (*Detail Engineering Design*)

D. Analisa Pembebanan Struktur

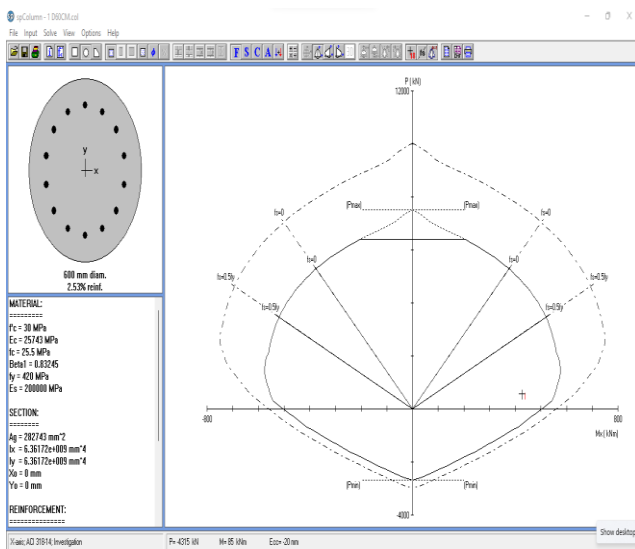
Analisa pembebanan struktur dilakukan untuk mengetahui beban yang akan diterima pondasi. Perencanaan pembebanan mengacu pada Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*Bridge Management Sytem*) dan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga antarailain pada SNI

Tabel 4.
Rekapitulasi Analisa Qs dan Qijin

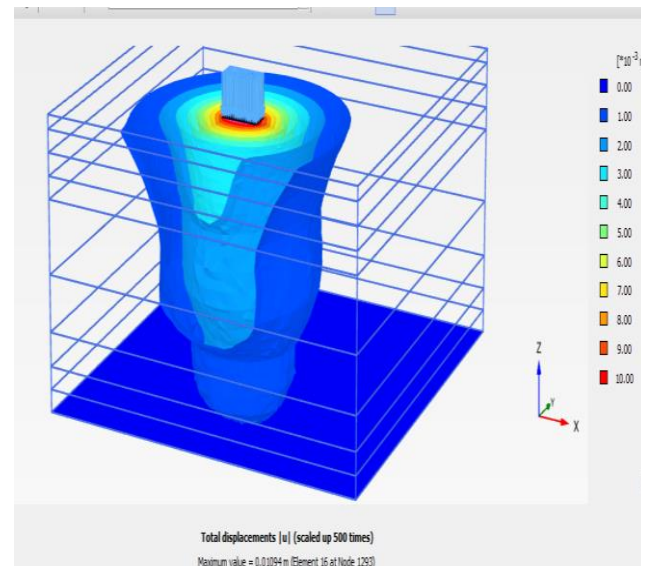
Depth (m)	N' (blow)	Qs (t)	ΣQs (t)	Qijin (t)
1.5	0	0.00	0.00	0.00
3.5	3.75	4.52	4.52	3.98
5.5	3.5	4.22	8.75	5.22
7.5	12.75	15.86	24.61	14.69
9.5	16	19.91	44.51	22.98
11.5	12.25	15.24	59.75	26.15
13.5	10.25	12.75	72.50	29.38
15.5	7.75	9.64	82.15	31.33
17.5	7.75	9.64	91.79	34.54
19.5	10.25	12.75	104.54	40.06
21.5	11	13.68	118.22	45.01
23.5	11.75	14.62	132.84	50.26
25.5	12	14.48	147.32	57.02
27.5	11.25	13.57	160.89	61.05
29.5	11	13.68	174.58	63.79
31.5	10.25	12.75	187.33	67.66
33.5	9.25	11.51	198.83	70.99
35.5	21	26.13	224.96	85.67
37.5	19.75	24.57	249.53	93.23
39.5	16.5	20.53	270.06	98.42
41.5	16	19.30	289.36	107.01
43.5	24.25	29.25	318.61	122.20
45.5	27	32.57	351.19	134.87
47.5	27	32.57	383.76	145.73
49.5	28.5	34.38	418.14	158.18
51.5	44.75	55.67	473.81	180.71
53.5	48.5	60.34	534.15	202.73

Tabel 5.
Rekapitulasi tulangan pokok *boredpile*

Type	Dia. Pile mm	Tulangan		
A1	600	14	D	25
	800	14	D	25
	1000	18	D	25
P1	600	10	D	25
	800	14	D	25
	1000	18	D	25
P2	600	10	D	25
	800	14	D	25
	1000	18	D	25
P3	600	10	D	25
	800	14	D	25
	1000	18	D	25
A2	600	10	D	25
	800	14	D	25
	1000	18	D	25



Gambar 3. Perencanaan penulangan *bored pile*.



Gambar 4. Hasil analisa Plaxis 3D.

Tabel 6.
Analisis Kapasitas Dukung Tiang Bor Kondisi Eksisting

Lokasi	Dia. Tiang (cm)	Jumlah tiang (buah)	Qijin 1 tiang (ton)	Pmax (ton)	Eg	Qijin x Eg (ton)	CEK
A1	80	15	104.78	170.08	0.64	67.55	No
P1	80	20	122.86	93.40	0.68	83.85	No
P2	80	20	152.55	151.66	0.68	104.11	No
P3	80	20	153.09	162.92	0.68	104.49	No
A2	80	20	126.16	88.58	0.62	78.79	No

1725-2016 tentang beban sesuai persyaratan pembebanan jembatan dan SNI 2833-2016 tentang perancangan jembatan terhadap beban gempa.

E. Perencanaan Pondasi Bored Pile

Perencanaan *Bored Pile* dilakukan menggunakan metode statis Reese and O'Neill dengan kontrol terhadap distribusi beban Pmax yang terjadi dengan merencanakan diameter *Bored Pile* dan jumlah kelompok *Bored pile* efisiensi grup. Setelah perencanaan dimensi dan kontrol, dilakukan pemodelan dengan Plaxis 3D untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada tiang tunggal dan kelompok tiang. Kemudian direncanakan penulangan pondasi *Bored Pile* dan penggambaran struktur.

F. Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran adalah tahap mendapatkan hasil daya dukung pondasi *bored pile* dengan metode Reese

and O'Neill dan pemodelan Plaxis 3D serta saran dalam perencanaan pondasi *bored pile* kedepannya.

G. Bagan Alir Perencanaan

Tahapan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada bagan alir seperti gambar 2.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data Tanah

Data tanah pada perencanaan Proyek Akhir ini, terdiri dari 5 titik *Borehole*, yaitu BH-A1, BH-P1, BH-P2, BH-P3, dan BH-A2. Data tanah tersebut merupakan data borlog sampai kedalaman 50-60 meter dimana data tanah yang dipakai adalah hasil uji boring di lapangan. Untuk parameter tanah yang tidak diketahui dilakukan korelasi berdasarkan nilai SPT. Analisa data tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 7.

Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Tiang Bor Alternatif Desain

Lokasi	Dia. Tiang (cm)	Jumlah tiang (buah)	Qijin 1 tiang (ton)	Pmax (ton)	Eg	Qijin x Eg (ton)	CEK
A1	60	20	180.71	110.18	0.68	123.34	OK
	80	15	251.07	168.77	0.70	175.64	OK
	100	12	326.49	209.85	0.71	231.75	OK
P1	60	24	139.47	93.91	0.68	94.24	OK
	80	20	198.28	113.94	0.68	135.33	OK
	100	15	263.24	159.03	0.70	184.16	OK
P2	60	24	163.31	109.72	0.68	110.34	OK
	80	20	226.91	131.47	0.68	154.87	OK
	100	15	295.09	182.41	0.70	206.44	OK
P3	60	24	161.77	104.33	0.68	109.30	OK
	80	20	224.19	137.50	0.68	153.01	OK
	100	16	290.87	151.93	0.69	201.50	OK
A2	60	30	102.02	62.31	0.67	67.89	OK
	80	24	139.10	78.44	0.68	93.99	OK
	100	15	177.73	118.86	0.70	124.33	OK

Tabel 8.

Hasil Analisa Kapasitas Kelompok Tiang

Lokasi	Dia. Tiang (cm)	Konfigurasi	P (ton)	Eg	Qg (ton)	CEK
A1	60	5X4	1017.46	0.68	2466.76	Aman
	80	5X3	1017.46	0.70	2634.67	Aman
	100	4X3	1017.46	0.71	2781.01	Aman
P1	60	6X4	1623.85	0.68	2261.76	Aman
	80	5X4	1623.85	0.68	2706.57	Aman
	100	5X3	1623.85	0.70	2762.40	Aman
P2	60	6X4	1974.56	0.68	2648.26	Aman
	80	5X4	1974.56	0.68	3097.32	Aman
	100	5X3	1974.56	0.70	3096.55	Aman
P3	60	6X4	1755.53	0.68	2623.27	Aman
	80	5X4	1755.53	0.68	3060.27	Aman
	100	4X4	1755.53	0.69	3224.00	Aman
A2	60	6X5	1326.86	0.67	2036.58	Aman
	80	6X4	1326.86	0.68	2255.72	Aman
	100	5X3	1326.86	0.70	1864.99	Aman

B. Analisa Pembebanan Struktur

Rekapitulasi kombinasi pembebanan untuk perencanaan daya dukung pondasi digunakan beban layan dapat dilihat pada Tabel 2. Diambil beban terbesar dari masing-masing titik untuk merencanakan pondasi *bored pile*.

C. Daya Dukung Bored Pile Metode Reese and O'Neill

Perhitungna metode statis menggunakan data SPT sebagai dasar perhitungan. Reese dan O'Neill dipilih dikarenakan metode ini memiliki hasil lebih optimis yang berpengaruh pada efisiensi pondasi [3]. Pondasi tiang bor pada proyek akhir ini direncanakan dengan tiga ukuran diameter alternatif yaitu diameter 60cm, 80cm, dan 100cm. Kapasitas ultimit dihitung berdasarkan jumlah daya dukung ujung dan daya dukung gesek tiang bor seperti persamaan (1).

$$Q_u = Q_p \times Q_s \tag{1}$$

1) Daya dukung ujung (*end bearing pile*)

Untuk tanah non-kohesif:

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \tag{2}$$

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = 7 \times N' \times A_p \tag{3}$$

Perhitungan daya dukung ujung pondasi (*end bearing pile*) pada titik *borhole* A1 untuk *borpile* diameter 60cm dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 9.

Perbedaan Penurunan Metode Statis dan Plaxis 3D

Titik <i>Borhole</i>	Dia. <i>Bored pile</i> cm	Penurunan (m)			
		Tiang Tunggal		Kelompok Tiang	
		Metode Statis	Plaxis 3d	Metode Statis	Plaxis 3d
BH A1	60	1.74	1.44	1.78	0.98
	80	2.28	2.02	1.66	0.97
	100	2.83	2.43	1.67	0.99
BH P1	60	1.64	1.06	4.41	3.40
	80	2.17	1.05	4.54	2.90
	100	2.69	2.58	3.73	2.77
BH P2	60	1.69	0.90	3.56	4.02
	80	2.22	0.92	3.40	4.08
	100	2.75	1.07	0.58	4.20
BH P3	60	1.69	0.67	3.22	4.14
	80	2.22	0.85	3.83	4.21
	100	2.75	0.86	3.53	4.21
BH A2	60	1.61	0.43	3.64	0.68
	80	2.13	0.36	3.02	0.53
	100	2.64	0.31	2.84	0.47
Rata-rata		2.20	1.13	3.03	2.57

2) Daya dukung gesek (*shear bearing pile*)

Untuk tanah non-kohesif:

$$Q_s = \alpha \times C_u \times A_s \tag{4}$$

Untuk tanah kohesif:

$$Q_s = 0.32 \times N \times A_s \tag{5}$$

3) Kapasitas Daya Dukung Ijin Tiang

Kapasitas ijin tiang diperoleh dari membagi kapasitas ultimit dengan factor aman tertentu. *Safety factor* berdasarkan Reese and O'Neill digunakan nilai 3 untuk klasifikasi struktur monumental dengan kontrol normal. Perhitungan daya dukung ijin dinyatakan dengan persamaan (6).

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} \tag{6}$$

Rekapitulasi analisa Qs dan Qijin dapat dilihat pada Tabel 4.

4) Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Efisiensi tiang digunakan untuk mereduksi nilai daya dukung kelompok karena terjadi *overlapping* tegangan disekitar tiang. Jarak antar tiang yang semakin dekat berpengaruh pada daya dukung kelompok tiang yang semakin kecil [4]. Efisiensi grup (*Converse-Labbarre, AASHTO*) dinyatakan pada persamaan (7) [1].

$$E_g = 1 - \frac{\arctan(\frac{D}{S})}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \tag{7}$$

Kapasitas dukung kelompok tiang dihitung dengan mengalikan daya dukung tiang tunggal dengan efisiensi dan jumlah tiang seperti persamaan (8).

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{ijin} \tag{8}$$

5) Kontrol Distribusi Beban Aksial Tiang

Perhitungan tekanan aksial yang bekerja pada tiang didistribusikan pada pilecap dan kelompok tiang pondasi berdasarkan persamaan (9) sehingga pengaruh gaya yang bekerja tidak menyebabkan pilecap melengkung atau deformasi.

$$P = \frac{\sum V_0}{n} \pm \frac{Mx.Y}{\sum Y^2} \pm \frac{My.X}{\sum X^2} \quad (9)$$

D. Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Menurut Vesic, 1970, perhitungan penurunan tiang tunggal ditentukan dengan metode semi empiris [1].

1. Penurunan Akibat Deformasi (Ss)

$$S_s = \frac{(Qp + \alpha Qs)L}{A_p E_p} \quad (10)$$

2. Penurunan dari ujung tiang (Sp)

$$S_p = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (11)$$

3. Penurunan akibat beban yang disalurkan (Sps)

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (12)$$

4. Penurunan Total (St)

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (13)$$

E. Penurunan Pondasi Kelompok Tiang

Penurunan tiang kelompok merupakan penurunan pada tanah yang terjadi karena beban yaitu penurunan segera (*immediate settlement*) dihitung dengan persamaan (14) [1].

$$S_i = \mu_i \times \mu_0 \left(\frac{qB}{E_u} \right) \quad (14)$$

F. Penulangan Pondasi Bored Pile

Untuk perencanaan penulangan bored pile menggunakan data perencanaan penulangan sebagai berikut:

1. Diameter tiang bor = 0,6 m
2. Panjang tiang bor = 50 m
3. Mutu Beton (f'c) = 30 MPa
4. Muu Baja (Fy) = 420 Mpa

Digunakan program bantu *Spcolumn* dalam merencanakan tulangan untuk pondasi *bored pile*. Untuk perencanaan menggunakan tulangan 14D25 seperti pada gambar 3. Dari hasil perhitungan dengan bantuan SP Column, dapat dilihat bahwa beban dan momen ultimate yang terjadi masih di dalam diagram interaksi, sehingga tulangan 10D25 dengan rasio tulangan 2,53 %. Berdasarkan SNI 2847-2019 batasan rasio tulangan komponen lentur tekan yang diizinkan adalah 1%-6%. dapat digunakan untuk perencanaan pondasi bored pile. Didapatkan rekapitulasi tulangan yang digunakan pada tabel 5.

G. Analisa dengan Metode Elemen Hingga (Plaxis 3D)

Analisis akan dilakukan pada Plaxis 3D untuk mendapatkan hasil output penurunan pada tiang tunggal dan kelompok tiang. Dalam analisis Plaxis 3D membutuhkan nilai parameter tanah eksisting dan parameter bored pile yang akan digunakan sebagai input dari proses analisis yang dilakukan. Selain itu pembebanan yang dihitung sebelumnya akan diinterpretasikan dalam tahapan *stage construction* sehingga didapatkan nilai daya dukung dan penurunan yang mendekati dengan nilai di lapangan seperti pada gambar 4. Langkah-langkah pemodelan *Bored Pile* pada Plaxis 3D [5].

1. *Project Properties*, tahapan ini dilakukan pengaturan umum yang akan digunakan pada analisa.
2. *Soil*, pemodelan parameter yang digunakan dalam analisa dimodelkan pada tahap ini.
3. *Structure*, Pada analisis ini dilakukan pemodelan bored pile, pile cap, dan pembebanan yang direncanakan sesuai

dengan perhitungan metode statis sebagai interpretasi pengujian pembebanan pada *borepile*.

4. *Mesh*, tahapan ini membagi model struktur dan tanah menjadi komponen yang lebih kecil.
5. *Stage Construction*, Pada tahapan ini dilakukan pemodelan tahanan konstruksi yang menginterpretasi keadaan sebenarnya.

H. Pembahasan

1) Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Hasil analisa diperoleh kapasitas ijin pada desain eksisting Tabel 6 tidak mampu memikul beban yang terjadi, sehingga direncanakan desain alternatif. Pada analisa kapasitas dukung pondasi desain alternatif Tabel 7 didapatkan pondasi tiang bor mampu memikul distribusi beban aksial yang terjadi, sehingga desain tersebut dapat diimplementasikan dengan mempertimbangkan besarnya penurunan yang terjadi.

2) Hasil Analisis Kapasitas Kelompok Tiang

Pada Tabel 8 menunjukkan rekapitulasi hasil analisis kapasitas dukung kelompok pondasi tiang bor. Pondasi dikatakan aman apabila hasil dari kapasitas dukung kelompok tiang (Qg) lebih besar dari beban yang diterima oleh pondasi.

3) Hasil Analisis Penurunan Pondasi Tiang

Hasil analisis pada tabel 9 didapatkan penurunan yang terjadi pada metode Plaxis 3D lebih kecil dari pada analisa dengan metode statis. Selisih rata-rata untuk penurunan tiang tunggal sebesar 49% dan penurunan kelompok tiang 15%.

IV. KESIMPULAN

Perhitungan dan analisa pada pengerjaan Proyek Akhir ini dapat diambil kesimpulan: (1) Didapatkan kapasitas dukung tanah terkecil pada titik P1 dengan diameter pondasi 60 cm sebesar 229.90 ton di kedalaman 50 m. Sedangkan kapasitas dukung tanah terbesar terdapat pada titik P3 dengan diameter pondasi 100 cm sebesar 584.82 ton di kedalaman 56 m; (2) Pemodelan dengan program komputer Plaxis 3D dimodelkan berdasarkan hasil perhitungan metode statis pada titik *borehole*; (3) Hasil analisa menggunakan metode statis dan Plaxis 3D didapatkan penurunan yang terjadi pada metode Plaxis 3D lebih kecil dari pada analisa dengan metode statis. Didapatkan selisih rata-rata untuk penurunan tiang tunggal 49% dan penurunan kelompok tiang 15%; (4) Konfigurasi di titik BH-A1 didapatkan 5x4, 5x3 dan 4x3, di titik BH-P1 didapatkan 6x4, 5x4, dan 5x3, di titik BH-P2 didapatkan 6x4, 5x4, dan 5x3, di titik BH-P3 didapatkan 6x4, 5x4, dan 4x4, sedangkan di titik BH-A2 didapatkan 6x5, 6x4 dan 5x3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi 2*, 4th ed. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2008.
- [2] R. and M. Prilia, Fabian J, Manaroinsong, and Lanny DK, "Analisis fondasi tiang bor dengan plaxis 3d (studi kasus : proyek pembangunan gedung pendidikan Fakultas Teknik Unsrat Jurusan Sipil)," *TEKNO*, vol. 19, no. 78, 2021.
- [3] Ulfa Jusi, "Analisa kuat dukung pondasi bored pile berdasarkan data pengujian lapangan (cone dan n-standard penetration test)," *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, vol. 1, no. 2, 2015.
- [4] A Agus Santosa, Ester Priskasari, and Widya Lely Wilis, "Studi Alternatif Perencanaan Abutment Dan Pondasi Bored Pile pada

Jembatan Sambirejo Sta 163+144 Tol Solo-Kertosono Fase 1,” Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, 2019.

- [5] B. Muhammad Maulana, R. Roesyanto, and R. Iskandar, “Analisis pondasi bored pile pada proyek jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing dengan metode analitis dan metode elemen hingga,” *Jurnal Health Sains*, vol. 2, no. 6, pp. 978–993, Jun. 2021, doi: 10.46799/jsa.v2i6.257.