

PERENCANAAN FONDASI BORED PILE PEMBANGUNAN JEMBATAN PINOKALAN MANADO-BITUNG

Favian Aqib Arsada¹, Chandra Afriade Siregar²
^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

¹ Korespondensi: favian.aqib01@gmail.com

ABSTRAK

Untuk melakukan Perencanaan Fondasi Bored Pile Jembatan Pinokalan yang berlokasi di Ruas Jalan Tol seksi I Manado-Bitung diperlukan fondasi yang aman. Dalam hal ini diperlukan adanya analisis terhadap fondasi bored pile yang nantinya menjadi faktor utama dalam menahan beban struktur jembatan dan beban layan jembatan agar mengoptimalkan keamanan operasional dalam lalulintas layan jembatan di area tersebut. Maka, analisis bored pile ini mencakup beberapa bagian yaitu kedalaman tiang, diameter tiang, dan jumlah tiang dalam masing-masing pier yang masuk dalam kategori aman.

Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Mayerhoff (1976) dan Group 8 (Group Pile) untuk memperoleh daya dukung aksial, kapasitas lateral, dan daya dukung ujung mengacu berdasarkan data SPT yang diambil dari lokasi jembatan tersebut. Analisis ini mendapatkan hasil berupa faktor keamanan untuk masing-masing pier dalam jembatan yaitu untuk pier 1 menggunakan 36 tiang, di kedalaman 25m, dan menggunakan diameter 1.20m sedangkan untuk pier 2 menggunakan 36 tiang, di kedalaman 20m, dan menggunakan diameter 1.20m. Dari hasil analisis tersebut fondasi bored pile di pier 1 dan pier 2 dinyatakan aman.

Kata Kunci: Fondasi, Bored Pile, Group Pile

PENDAHULUAN

Fondasi bored pile adalah jenis Fondasi dalam yang berbentuk tabung yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah keras. Fondasi ini dapat digunakan apabila kedalaman tanah diatas permukaan tidak cukup untuk kuat menopang beban bangunan secara keseluruhan, sehingga diperlukan adanya daya dukung tambahan [1]. Fondasi yang akan direncanakan harus sesuai, kuat dan daya dukung tanahnya baik. Jika tanah stabil dan memiliki daya dukung baik, maka Fondasi hanya membutuhkan konstruksi yang sederhana.

Pada perencanaan Fondasi akan selalu mempertimbangkan parameter tanah sebagai dasar kajian agar didapatkan untuk melakukan perencanaan Fondasi yang kuat

dan aman. Fondasi yang digunakan pada Proyek Jembatan Pinokalan (Ruas Jalan Tol Manado – Bitung Seksi I) yaitu dengan menggunakan Fondasi Tiang Pancang terutama pada jembatannya. Pertimbangan pemakaian Fondasi ini mengingat bahwa jenis Fondasi dalam yang dapat menopang beban yang cukup besar dan berdasarkan fungsi pembangunan infrastruktur transportasi untuk kepentingan umum dalam masa layanan jangka waktu panjang.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari

material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan [2].

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruangruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut [3].

Tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya[4].

Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah adalah untuk mendapatkan informasi tentang lapisan, sifat tanah untuk melakukan analisis bangunan sipil / perencanaan geoteknik yang efisien dan memenuhi syarat keamanan. Penyelidikan geoteknik ini terdiri dari penyelidikan dengan lingkup pekerjaan sebagai berikut :

Bor Inti

Pelaksanaan Bor Inti dilakukan menggunakan mata bor tungsten dengan tipe single core barrel yang menghasilkan inti tanah atau baatun berdiameter 73 mm, jika

menggunakan double core barrel menghasilkan inti tanah atau baatun berdiameter 50 mm. Mata bor yang dipasang pada ujung core barrel dihubungkan dengan stang bor yang kemudian diputar sambil ditekan masuk kedalam tanah, pemutaran dan penekanan dilakukan dengan sistem hidrolik dari mesin bor YBM, buatan Jepang. Setiap kali core barrel penuh dengan tanah atau batuan, core barrel tersebut diangkat ke permukaan tanah untuk dikeluarkan inti tanah dan batuan yang terperangkap di dalamnya kemudian dideskripsi jenis, warna dan sifat konsistensi tanah secara visual.

Pengambilan Udisturbed Sample

UDS dilakukan untuk mendapatkan sampel tanah asli. UDS diambil menggunakan thin wall shelby tube berdiameter dalam kurang lebih 70 mm dengan panjang kurang lebih 500 mm menggunakan metoda penetration. Sebelum digunakan, cone akan dibersihkan agar tidak mengganggu keaslian sampel. Setelah UDS didapatkan, cone sampel akan ditutup kembali dengan parafin pada kedua ujungnya untuk mencegah adanya gangguan dari udara luar terhadap sampel yang didapatkan. Sampel diambil dari lubang bor mesin.

Standard Penetration Test (SPT)

Pada saat perkerjaan bor inti berlangsung, dilakukan juga pengujian penetrasi standard (*SPT*) untuk setiap interval kedalaman 2m. SPT dilakukan dengan cara menghitung jumlah pukulan palu

pemukul yang diperlukan untuk mendesak tabung contoh *split spoon sampler* berdiameter 2” sedalam 30 cm kedalam tanah. Berat palu pemukul yang dipergunakan adalah kurang lebih 63.5 kg dengan ketinggian 70 cm.

Perhitungan jumlah pukulan dilakukan 3 kali, yaitu setiap penterasi 15 cm. Nilai SPT diperoleh dengan menjumlahkan

pukulan yang diperlukan pada setiap 15cm penetrasi kedua dan ketiga. Pada hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) ini disatukan pada log bor inti. Sebelum dilakukan analisa dari nilai SPT, perlu diperhatikan rasio energy dari *Hammer* SPT yang digunakan. Berikut adalah table keterangan besarnya rasio energy dari tiap jenis *hammer*

Tabel 1: Measured SPT

Country	Hammer type	Release mechanism	Average rod energy ratio (%)	Source references*
Argentina	Donut	Cathead	45	1
Brazil	Pin weight	Hand dropped	72	3
China	Automatic donut	Hand trip	60	1
	Donut	Dropped	55	2
	Donut	Cathead	50	1
Colombia	Donut	Cathead	50	3
Japan	Donut	Tombi	78-85	1,4
	Donut	Cathead, 2 turns + special release	65-67	1,2
UK	Automatic	Trip	73	5
USA	Safety	Cathead, 2 turns	55-60	1,2
Venezuela	Donut	Cathead, 2 turns	45	1
	Donut	Cathead	43	3

* (1) Seed *et al.* (1985); (2) Skempton (1986); (3) Decourt (1986); (4) Riggs (1986); (5) Clayton (1990).

Cone Penetration Test (CPT)

Dalam pengujian sondir menggunakan sondir dengan kapasitas 2.5 ton yang dilengkapi bikonus begemann. Untuk membaca besaran tekanan menggunakan manometer, dilakukan dengan interval kedalaman tertentu, dihasilkan besaran tekanan konus (q_c dalam kg/cm^2) dan tekanan konus ditambah hambatan pelekat (f_s dalam kg/cm^2). Kecepatan penetrasi konus yang dihasilkan sebesar 1 – 2 cm/detik, sesuai dengan standard pengujian ASTM D-3441. Pengukuran kedalaman penetrasi dimulai dari permukaan tanah setempat dimana titik pengujian sondir dilaksanakan. Pengujian sondir dapat di berhentikan apabila tekanan konus sudah mencapai nilai yang lebih besar dari 200 kg/cm^2 atau mencapai kedalaman 20m.

Penyelidikan Tanah

Berat Jenis Tanah SNI 1964 : 2008

Dalam menentukan sifat fisik tanah berat jenis (G_s) diartikan pada selisih antar berat tanah, berat air yang disuling, lalu pada volume yang sama dalam suhu batas. Nilai berat jenis tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_w} = \frac{W_s}{V_w \cdot \gamma_w} - \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1)(W_3 - W_2)} \dots\dots(2.3)$$

dengan :

- G_s = Berat jenis tanah
- Y_s = Berat volume butiran
- Y_w = Berat volume air
- V_w = Volume air
- W_1 = Berat piknometer
- W_2 = Berat Piknometer + Tanah
- W_3 = Berat Piknometer + Tanah + Air
- W_4 = Berat Piknometer + Air

Angka Pori

Angka pori adalah selisih antara volume ruang kosong dan volume butir padat. Jika jumlah angka porinya besar maka semakin kecil daya dukung tanah tersebut, Angka pori dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$e = \frac{v_v}{v_s} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

e = Angka pori

v_v = Volume pori

v_s = Volume butir padat

Porositas

Porositas adalah selisih antara nilai volume keseluruhan massa tanah dengan nilai

volume ruang kosong. Porositas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$n_p = \frac{v_v}{v} \times 100 \% \text{ atau } n_p = \frac{e}{1+e}$$

dengan :

n_p = Porositas

e = Angka pori

V_v =Volume pori

V =Volume keseluruhan massa tanah

Poisson Ratio

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai kompresi poros terhadap regangan permukaan lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 2: Poisson Ratio

Jenis Tanah	Poisson Ratio (μ)
Lempung jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3- 0,35
Pasir	0,1 - 1,0
Batuan	0,1 - 0,4
Umum untuk tanah	0,3 - 0,4

Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam adalah sebuah komponen daya dukung kuat geser yang terjadi dikarenakan gesekan pada setiap partikel. Hasil ini diperoleh mengacu pada pengukuran serta pengecekan engineering properties tanah dengan direct shear test [5].

disimbolkan dengan c. Kohesi dan sudut geser dalam merupakan acuan dari kekuatan geser pada setiap tegangan yang efektif. Dengan demikian keruntuhan akan terjadi pada titik yang mengalami kritis yang disebabkan oleh kombinasi antara tegangan geser dan tegangan normal efektif [6].

Kohesi

Kohesi yaitu pengukuran dari daya tarik dan partikel-partikel tanah kohesif yang

Kapasitas Daya Dukung

Kapasitas Daya Dukung Tanah

Setelah dilakukan penyelidikan dilanjutkan dengan perhitungan daya dukung tanah di lokasi tempat bangunan akan dibangun. Daya

dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Untuk mendapat tegangan yang dipakai dalam perencanaan pondasi, besarnya beban dibagi dengan faktor keamanan (safety factor). Nilai yang diperoleh disebut dengan tegangan tanah yang diizinkan [7].

Tegangan tanah yang di izinkan

$$q_{all} = \frac{\text{Daya Dukung Batas } (q_{ult})}{\text{Faktor Keamanan } (SF)}$$

Untuk memenuhi syarat keamanan, disarankan faktor aman terhadap keruntuhan akibat beban maksimum sama dengan 3. Untuk struktur kurang penting faktor aman boleh diambil kurang dari 3. Faktor aman 3 adalah sangat penting untuk menanggulangi ketidakpastian kondisi tanah dasar. Analisis analisis kapasitas daya dukung dapat dilakukan dengan cara pendekatan dalam memudahkan dalam hitungan. Persamaan yang dibuat dikaitkan dengan jenis tanah, sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Terdiri dari:

- Keruntuhan geser umum
- Keruntuhan geser local
- Keruntuhan penetresi
- Data analisis daya dukung

Kapasitas Daya Dukung Pondasi

Daya dukung tiang biasanya terbagi menjadi dua yaitu daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok.

- Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Untuk menghitung kapasitas daya dukung tiang tunggal dapat digunakan beberapa metode :

- Metode Statis Analisis

Data kohesi tanah (C), sudut gesek tanah (ϕ) dan berat jenis tanah (γ) juga menjadi faktor analisis yang akan digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tiang pada metode statis analisis ini [8].

Menurut Terzaghi

$$Q_u = (A_p(1,3C \cdot N_c + qN_q + \gamma B \cdot N_\gamma \cdot a\gamma) + (a_d \cdot C_u \cdot A_s))$$

Menurut Mayerhoff

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

dimana :

Q_u = Kapasitas Dukung Ultimate Tiang

Q_p = Kapasitas Dukung Ujung Tiang

Q_s = Kapasitas Dukung Selimut Tiang

A_p = Luas Penampang Tiang (m^2)

A_s = Luas Selimut Tiang (m^2)

C = Kohesi Pada Tanah (Kg/m^2)

N_c, N_q, N_γ = Faktor Daya Dukung

- Metode Statis Empiris

Pada metode statis analisis korelasi yang digunakan adalah hasil dari penyelidikan laboratorium sedangkan pada metode analisis empiris, korelasi yang digunakan adalah hasil pembacaan dari penetrasi suatu alat penetrometer. Alat penetrometer yang biasa digunakan pada metode statis empiris adalah seperti cone penetration test (CPT) atau Standar Penetration Test (SPT).

Kapasitas daya dukung tiang dapat dihitung dengan menggunakan rumus mayerhoff [9]:

$$Q_{ult} = \frac{(NK \cdot A)}{3} + \frac{(JHL \cdot O)}{5}$$

dimana:

Q_{ult} = Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal (ton)

NK = Perlawanan Penetrasi Konus (Kg/cm^2)

JHL = Jumlah Hambat Lekat (cm^2)

A = Luas Penampang (cm^2)

O = Keliling Tiang (cm)

- Metode Dinamis

Pengujian tiang pancang dengan cara dinamis didasarkan pada analisa data rekaman getaran gelombang yang terjadi pada waktu tiang dipukul dengan palu pancang. Palu tiang pancang adalah alat yang digunakan untuk memberikan energi yang cukup kepada tiang pancang untuk menembus tanah[10]. Adapun jenis palu tiang pancang itu antara lain :

- Palu Kerja Tunggal (Singe Action Hammer)
- Palu Kerja Rangkap (Double Action Hammer)
- Palu Diesel (Diesel Hammer)

b. Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok

Perumusan dari *Uniform Building Code* dari AASHTO adalah :

$$n = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \right]$$

Daya dukung kelompok tiang:

$$Q_g = n \cdot n \cdot Q_{ALL}$$

dimana :

m = Jumlah tiang dalam deretan baris

n = Jumlah tiang dalam deretan kolom

θ = arc tan (d/s) dalam derajat

S = Jarak antar tiang (as ke as)

d = Diameter Tiang

Q_g = Daya dukung aksial (digunakan daya dukung aksial terkecil)

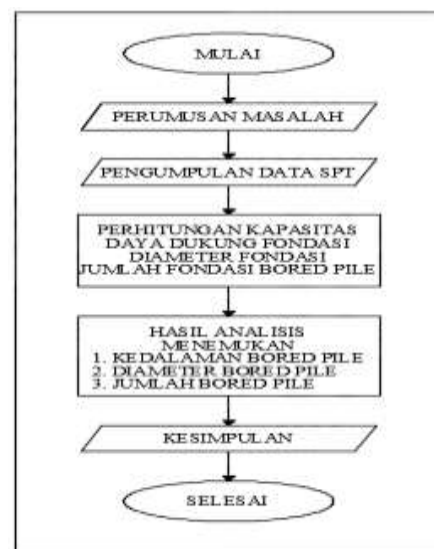
- Metode Group Pile

Program ini digunakan untuk menganalisis kelompok tiang (pondasi tiang pancang dengan tutup tiang kaku) menggunakan metode pegas (FEM), atau solusi analitik. Tumpukan apung dan tiang pancang yang dipasang di bawah tanah dapat dipertimbangkan.

Secara umum fondasi tiang akan dipasang secara kelompok (group). apabila:

1. tiang tunggal belum kuat menopang dan memberikan daya dukung yang cukup
2. derajat presisi yang sering terjadi rendah dalam spotting
3. banyak tiang mengalami redudansi
4. tekanan tanah lateral yang dihasilkan kelompok tiang lebih besar sehingga daya dukung lebih besar.

METODE



Gambar 1: Paradigma Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan fondasi pada Jembatan Pinokalan ini menggunakan jenis bored pile menggunakan parameter laporan hasil

pengujian tanah yang merekomendasikan menggunakan fondasi dalam., ada pula beberapa aspek pertimbangan lain menggunakan fondasi bored pile ini meliputi:

- a. Pekerjaan pelaksanaan fondasi bored pile yang meminimalisir pencemaran suara, karena lokasi pekerjaan bertepatan di area kampus maka akan menimbulkan dampak pencemaran suara yang akan mengganggu aktivitas lainnya.
- b. Fondasi bored pile relatif mudah dalam pelaksanaan pekerjaannya.

c. Fondasi bored pile lebih kecil kemungkinan terjadinya patah atau keretakan pada fondasi dibanding dengan fondasi tiang pancang.

- d. Fondasi bored pile lebih efisien dalam analisa biaya.

Relatif mudah menembus tanah dibanding dengan fondasi pancang.

Parameter Tiang

Tiang fondasi yang digunakan dalam proses perancangan ini adalah *Bored pile* diameter 1200 mm, dengan spesifikasi sebagai berikut

;

Tabel 3: Parameter Tiang P1 & P2

No.	Parameter Tiang			
		P1	P2	Sat
1.	<i>Diameter</i>	1.20	1.20	m
2.	<i>Concrete Compressive Strength (f_c')</i>	35	35	Mpa
3.	<i>Unit Weight</i>	24.0	24.0	N/m ³
4.	<i>Area, A_p</i>	1.130973	1.130973	m ²
5.	<i>Length of pile</i>	25	20	m

Parameter Tanah

Nilai SPT

Nilai NSPT digunakan untuk menentukan daya dukung yang dihasilkan oleh fondasi akibat dari tahanan tanah. Nilai ini akan digunakan dalam proses perhitungan kapasitas daya dukung serta analisis aplikasi GROUP 8.

Tabel 4: NSPT BH90-BH91

Depth (m)	N-spt	
	BH 90	BH 91
0,0	0	0
1,0	10	14
2,0	20	27
3,0	21	44
4,0	21	60
5,0	17	41
6,0	12	21
7,0	20	26
8,0	27	31

Depth (m)	N-spt	
	BH 90	BH 91
9,0	23	46
10,0	19	60
11,0	15	56
12,0	10	51
13,0	10	56
14,0	9	60
15,0	9	60
16,0	8	60
17,0	30	60
18,0	51	60
19,0	56	55
20,0	60	50
21,0	55	52
22,0	50	53
23,0	50	54
24,0	50	55
25,0	50	53
26,0	50	50
27,0	50	50
28,0	50	50
29,0	50	55
30,0	50	60

Setiap *Borehole* akan diselidiki jenis profil lapisan tanah berdasarkan nilai NSPT yang didapatkan. Area titik bor sejajar dengan panjangnya jembatan dan diposisikan sesuai rencana *Pier* pada jembatan.

Tabel 5: Jenis Lapisan Tanah BH90

Depth (m)	Symbol	N	Soil Properties		
			Cu	α	Nc
0,0	S	0	-	-	-
1,0	S	10	-	-	-
2,0	S	20	-	-	-
3,0	S	21	-	-	-
4,0	S	21	-	-	-
5,0	S	17	-	-	-
6,0	S	12	-	-	-
7,0	S	20	-	-	-
8,0	S	27	-	-	-
9,0	S	23	-	-	-
10,0	S	19	-	-	-
11,0	S	15	-	-	-
12,0	S	10	-	-	-
13,0	S	10	-	-	-
14,0	S	9	54	0,71	9
15,0	S	9	54	0,71	9
16,0	S	8	48	0,77	9
17,0	S	30	180	0,50	9
18,0	S	51	306	0,50	9
19,0	S	56	-	-	-
20,0	S	60	-	-	-
21,0	S	55	-	-	-
22,0	S	50	-	-	-
23,0	S	50	-	-	-
24,0	S	50	-	-	-
25,0	S	50	-	-	-
26,0	S	50	-	-	-
27,0	S	50	-	-	-
28,0	S	50	-	-	-
29,0	S	50	-	-	-
30,0	S	50	-	-	-

Tabel 6: Jenis Lapisan Tanah BH91

Depth (m)	Symbol	N	Soil Properties		
			Cu	α	Nc
0,0	S	0	-	-	-
1,0	S	14	-	-	-
2,0	S	27	-	-	-
3,0	S	44	-	-	-
4,0	S	60	-	-	-
5,0	S	41	-	-	-
6,0	S	21	126	0,50	9
7,0	S	26	156	0,50	9
8,0	S	31	186	0,50	9
9,0	S	46	276	0,50	9
10,0	S	60	360	0,50	9

Depth (m)	Symbol	N	Soil Properties		
			Cu	α	Nc
11,0	S	56	-	-	-
12,0	S	51	-	-	-
13,0	S	56	-	-	-
14,0	S	60	-	-	-
15,0	S	60	-	-	-
16,0	S	60	360	0,50	9
17,0	S	60	360	0,50	9
18,0	S	60	360	0,50	9
19,0	S	55	360	0,50	9-
20,0	S	50	-	-	-
21,0	S	52	-	-	-
22,0	S	53	-	-	-
23,0	S	54	-	-	-
24,0	S	55	-	-	-
25,0	S	53	-	-	-
26,0	S	50	-	-	-
27,0	S	50	-	-	-
28,0	S	50	-	-	-
29,0	S	55	-	-	-
30,0	S	60	-	-	-

Analisis Daya Dukung Aksial

Analisis pada daya dukung aksial selimut dapat menggunakan tiga metode yaitu metode α , metode λ , dan metode β . Ketiga metode ini digunakan dalam proses perhitungan untuk mendapatkan nilai daya dukung selimut pada tanah lempung. Metode yang digunakan dalam perhitungan ini adalah metode α .

Tabel 7: Hasil Daya Dukung Selimut BH90

Depth (m)	Symbol	N	Skin Friction (kN)	
			Unit, kN	Cumm, kN
0,0	S	0	0	0.0
1,0	S	10	75.4	75.4
2,0	S	20	150.8	226.2
3,0	S	21	158.3	384.5
4,0	S	21	158.3	542.9
5,0	S	17	128.2	671.0
6,0	S	12	90.5	761.5
7,0	S	20	150.8	912.3
8,0	S	27	203.6	1115.9
9,0	S	23	173.4	1289.3
10,0	S	19	143.3	1432.6
11,0	S	15	113.1	1545.7
12,0	S	10	75.4	1621.1
13,0	S	10	75.4	1696.5
14,0	S	9	144.5	1841.0
15,0	S	9	144.5	1985.5

Depth (m)	Symbol	N	Skin Friction (kN)	
			Unit, kN	Cumm,kN
16,0	S	8	139.3	2124.9
17,0	S	30	339.3	2464.2
18,0	S	51	576.8	3041.0
19,0	S	56	422.2	3463.2
20,0	S	60	452.4	3915.6
21,0	S	55	414.7	4330.3
22,0	S	50	377.0	4707.3
23,0	S	50	377.0	5084.3
24,0	S	50	377.0	5461.2
25,0	S	50	377.0	5838.2
26,0	S	50	377.0	6215.2
27,0	S	50	377.0	6592.2
28,0	S	50	377.0	6969.2
29,0	S	50	377.0	7346.2
30,0	S	50	377.0	7723.2

Tabel 8: Hasil Daya Dukung Selimut BH91

Depth (m)	Symbol	N	Skin Friction (kN)	
			Unit, kN	Cumm,kN
0,0	S	0	0	0.0
1,0	S	14	105.6	105.6
2,0	S	27	203.6	309.1
3,0	S	44	331.8	640.9
4,0	S	60	452.4	1093.3
5,0	S	41	309.1	1402.4
6,0	S	21	237.5	1639.9
7,0	S	26	294.1	1934.0
8,0	S	31	350.6	2284.6
9,0	S	46	520.2	2804.8
10,0	S	60	678.6	3483.4
11,0	S	56	422.2	3905.6
12,0	S	51	384.5	4290.2
13,0	S	56	422.2	4712.4
14,0	S	60	452.4	5164.8
15,0	S	60	452.4	5617.2
16,0	S	60	678.6	6295.8
17,0	S	60	678.6	6974.3
18,0	S	60	678.6	7652.9
19,0	S	55	622.0	8275.0
20,0	S	50	377.0	8651.9
21,0	S	52	392.1	9044.0
22,0	S	53	399.6	9443.6
23,0	S	54	407.2	9850.8
24,0	S	55	414.7	10265.5
25,0	S	53	399.6	10665.1
26,0	S	50	377.0	11042.1
27,0	S	50	377.0	11419.1
28,0	S	50	377.0	11796.1
29,0	S	55	414.7	12210.7
30,0	S	60	452.4	12663.1

Perhitungan kapasitas ujung pada proses perancangan ini menggunakan dua metode, Metode tersebut sering digunakan dalam proses perhitungan daya dukung aksial untuk mendapatkan nilai kapasitas ujung.

Tabel 9: Hasil Kapasitas Ujung BH90

Depth (m)	Symbol	N	End Bearl ng (kN)
0,0	S	0	0
1,0	S	10	1142
2,0	S	20	1197
3,0	S	21	1302
4,0	S	21	1354
5,0	S	17	1367
6,0	S	12	1352
7,0	S	20	1309
8,0	S	27	1272
9,0	S	23	1235
10,0	S	19	1202
11,0	S	15	1169
12,0	S	10	1236
13,0	S	10	1460
14,0	S	9	550
15,0	S	9	550
16,0	S	8	489
17,0	S	30	1832
18,0	S	51	3115
19,0	S	56	2428
20,0	S	60	2560
21,0	S	55	2661
22,0	S	50	2780
23,0	S	50	2916
24,0	S	50	3070
25,0	S	50	3246
26,0	S	50	3390
27,0	S	50	3558
28,0	S	50	3747
29,0	S	50	3970
30,0	S	50	4092

Tabel 10:1 Hasil Kapasitas Ujung BH91

Depth (m)	Symbol	N	End Bearing (kN)
0.0	S	0	0
1.0	S	14	2341
2.0	S	27	2306
3.0	S	44	2322
4.0	S	60	2454
5.0	S	41	2663
6.0	C	21	1283
7.0	C	26	1588
8.0	C	31	1893
9.0	C	46	2809
10.0	C	60	3664
11.0	S	56	3320
12.0	S	51	3400
13.0	S	56	3664
14.0	S	60	3844
15.0	S	60	3945
16.0	C	60	3664
17.0	C	60	3664
18.0	C	60	3664
19.0	C	55	3359
20.0	S	50	4275
21.0	S	52	4359
22.0	S	53	4376
23.0	S	54	4332
24.0	S	55	4328
25.0	S	53	4367
26.0	S	50	4364
27.0	S	50	4339
28.0	S	50	4312
29.0	S	55	4281
30.0	S	60	4245

Nilai dari perhitungan daya dukung ujung dan daya dukung selimut yang telah didapat,

kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan daya dukung aksial dari tiang fondasi atau biasa disebut daya dukung aksial ultimit, sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Qu = Kapasitas Daya Dukung *Ultimate*,

Qp = Kapasitas Daya Dukung Ujung,

Qs = Kapasitas Daya dukung Selimut.

Daya dukung aksial ultimit akan dikonversi menjadi daya dukung aksial ijin (Qall) dengan membagi nilai Qu dengan angka keamanan (SF). Angka keamanan yang digunakan dalam proses perhitungan ini adalah 2.5, sehingga perhitungan daya dukung ijin sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{Q_u}{2.5}$$

Hasil perhitungan daya dukung aksial *ultimate* (Qu) dan daya dukung aksial ijin (Qall) akan terangkum dalam tabel berikut.

Tabel 21: Daya Dukung Aksial dan Aksial Ijin BH90

Depth (m)	Symbol	N	Compression Capacity (kN)	
			Qu	Qall (SF=2.5)
0.0	S	0	0.0	0
1.0	S	10	1217.7	487
2.0	S	20	1423.6	569
3.0	S	21	1686.4	675
4.0	S	21	1896.6	759
5.0	S	17	2038.5	815
6.0	S	12	2114.0	846
7.0	S	20	2221.6	889
8.0	S	27	2388.2	955
9.0	S	23	2524.3	1010
10.0	S	19	2634.9	1054
11.0	S	15	2714.6	1086
12.0	S	10	2857.0	1143
13.0	S	10	3156.7	1263
14.0	C	9	2390.7	956
15.0	C	9	2535.2	1014
16.0	C	8	2613.5	1045
17.0	C	30	4296.3	1719
18.0	C	51	6155.7	2462
19.0	S	56	5891.0	2356
20.0	S	60	6475.4	2590
21.0	S	55	6991.2	2796
22.0	S	50	7486.9	2995
23.0	S	50	8000.3	3200
24.0	S	50	8531.2	3412
25.0	S	50	9084.1	3634
26.0	S	50	9605.5	3842
27.0	S	50	10149.8	4060
28.0	S	50	10716.5	4287
29.0	S	50	11315.9	4526
30.0	S	50	11815.6	4726

Tabel 32 : Daya Dukung Aksial dan Aksial Ijin BH91

Depth (m)	Symbol	N	Compression Capacity	
			Qu	Qall (SF=2.5)
0.0	S	0	0.0	0
1.0	S	14	2446.7	979
2.0	S	27	2614.9	1046
3.0	S	44	2963.2	1185
4.0	S	60	3547.5	1419
5.0	S	41	4065.3	1626
6.0	C	21	2922.4	1169
7.0	C	26	3521.9	1409
8.0	C	31	4177.8	1671
9.0	C	46	5614.2	2246
10.0	C	60	7147.8	2859
11.0	S	56	7226.0	2890
12.0	S	51	7690.0	3076
13.0	S	56	8376.1	3350
14.0	S	60	9008.8	3604
15.0	S	60	9562.4	3825
16.0	C	60	9960.1	3984
17.0	C	60	10638.7	4255
18.0	C	60	11317.3	4527
19.0	C	55	11633.9	4654
20.0	S	50	12927.0	5171
21.0	S	52	13402.7	5361
22.0	S	53	13819.9	5528
23.0	S	54	14183.0	5673
24.0	S	55	14593.3	5837
25.0	S	53	15032.5	6013
26.0	S	50	15405.6	6162
27.0	S	50	15758.5	6303
28.0	S	50	16108.1	6443
29.0	S	55	16491.5	6597
30.0	S	60	16907.8	6763

Dari hasil analisis perhitungan daya dukung aksial, diasumsikan kedalaman tiang fondasi yang di ambil pada *Pier 1* adalah 25 m dengan nilai daya dukung aksial ijin 3634 kN. Dan kedalaman tiang fondasi untuk *Pier*

2 adalah 20 m denah nilai daya dukung ijin 5171 kN.

Rekapitulasi perhitungan penyelidikan tanah sesuai kebutuhan pada analisis ini sebagaimana terlihat pada table di bawah ini.

Tabel 43 : Hasil Penyelidikan Tanah

HASIL PERHITUNGAN PENYELIDIKAN TANAH							
Titik Sondir	Kedalaman	N-SPT	QS		Qp, kN	Qu, kN	Qall, kN SF : 2,5
			Unit, kN	Cumm, kN			
BH-90	25	60	377.0	5838.2	3246	9084	3634
BH-91	20	60	377.0	8651.9	4275	12927	5171

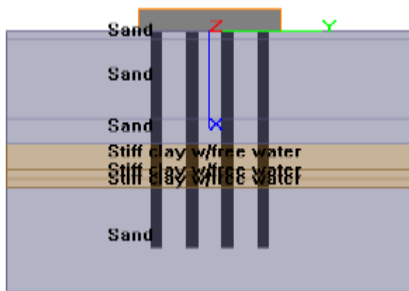
Analisis Menggunakan Software Group 8

Daya dukung tiang tunggal dalam konfigurasi kelompok dapat ditentukan berdasarkan efisiensi dari konfigurasi tersebut. Efisiensi

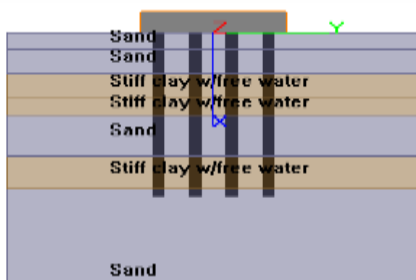
kelompok tiang akan dihitung menggunakan metode aplikasi GROUP 8.

Konfigurasi kelompok tiang disusun sesuai dengan hasil analisis struktur. Dengan diameter 1.20 m terdapat 36 tiang fondasi

dengan panjang tiang 25 m untuk *Pier 1*, jarak antar tiang yang digunakan adalah $3D$ dan Diameter 1.20 m terdapat 36 tiang fondasi dengan panjang tiang 20 m untuk

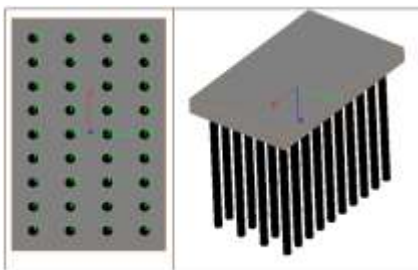


Gambar 2: Lapisan Tanah pada Pier 1



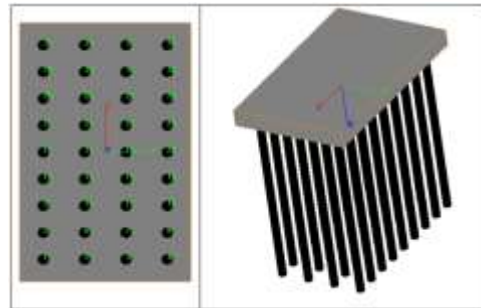
Gambar 2: Lapisan Tanah pada Pier 2

Perencanaan konfigurasi tiang beserta jumlah tiang yang telah di input dapat di *review* hasilnya pada 3D view untuk melihat hasil dari proses sebelumnya. Hasil konfigurasi tiang dan isometri pada masing – masing *pier* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3: Konfigurasi fondasi untuk Pier 1

Pier 2. Jarak antar tiang yang digunakan adalah $1.5d$ atau satu setengah diameter tiang.



Gambar 4: Konfigurasi fondasi untuk Pier 2

Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Kelompok Tiang *Pier 1*

$$Q_{ug} = (3634 \times 36 \times 0,6645)$$

$$Q_{ug} = 86932,55 \text{ kN}$$

Dari perhitungan di atas dengan diameter 120 cm didapat jarak antar 360 cm dengan jumlah tiang 36 buah. Nilai daya dukung kelompok lebih besar dari pada jumlah nilai aksial dari group pile.

Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Kelompok Tiang *Pier 1*

$$Q_{ug} = (5171 \times 36 \times 0,4205)$$

$$Q_{ug} = 78278,60 \text{ kN}$$

Dari perhitungan di atas dengan diameter 120 cm didapat jarak antar 360 cm dengan jumlah tiang 36 buah. Nilai daya dukung kelompok lebih besar dari pada jumlah nilai aksial dari group pile.

Tabel 54: Rekapitulasi Perhitungan 1 tiang

PERHITUNGAN GROUP PILE UNTUK 1 TIANG						
Axis	Diameter Fondasi (m)	Jumlah Fondasi (m)	Kedalaman Fondasi (m)	Qall, kN 1 Tiang	Group Pile 1 Tiang	Ket
Pier 1	1,20	36	25	3634	3613	OK
Pier 2	1,20	36	20	5171	4514	OK

Tabel 65: Rekapitulasi Perhitungan Kelompok Tiang

PERHITUNGAN FONDASI							
Axis	Diameter Fondasi (m)	Jumlah Fondasi (m)	Kedalaman Fondasi (m)	PU(kN)	Group Pile (kN)	Qug (kN)	Ket
Pier 1	1,20	36	25	78957,7	78960,5	86932,5	OK
Pier 2	1,20	36	20	76355,1	76365,1	78278,6	OK

KESIMPULAN

1. Kedua *pier* menggunakan fondasi bored pile diameter 1,20 m dengan kedalaman 25 m untuk *pier* 1 dan 20 m untuk *pier* 2.
2. Hasil penyelidikan tanah mendapatkan nilai daya dukung tiang tunggal 3634 kN untuk *pier* 1 di kedalaman 25 m dan 5171 kN untuk *pier* 2 di kedalaman 20 m.
3. Fondasi *pier* 1 memiliki beban struktur atas 78957 kN menggunakan 36 tiang dan ukuran *pilecap* 32,4 m x 14,4 m dengan jarak antar tiang 3D dengan daya dukung kelompok tiang 86932 kN.
4. Fondasi *pier* 2 memiliki beban struktur atas 76365 kN menggunakan 36 tiang dan ukuran *pilecap* 16,8 m x 9,6 m dengan jarak antar tiang 1,5D dengan daya dukung kelompok tiang 78278 kN.
5. Hasil *software* GROUP 8 dengan sesuai perencanaan untuk fondasi *pier* 1 mendapatkan nilai maksimum aksial 3613,5 kN (tiang tunggal) dan jumlah keseluruhan tiang 78960 kN.
6. Hasil *software* GROUP 8 dengan sesuai perencanaan untuk fondasi *pier* 2 mendapatkan nilai maksimum aksial 4514,2 kN (tiang tunggal) dan jumlah keseluruhan tiang 76365 kN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Lubis, "Analisa Konstruksi Pondasi Borepile Pada Proyek Pekerjaan Transmisi 150 Kv Pasir Putih-Pangkalan Kerinci Sec. 2,"

J. Ilm. Tek. Sipil, Vol. 10, No. 2, Pp. 54–62, 2021.

- [2] W. Fadly, "Pengaruh Penambahan Dedak Padi Terhadap Produktifitas Waktu Pengeringan Batu Bata." Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, 2021.
- [3] A. Prabowo, "Analisis Stabilitas Lereng Pada Ruas Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil (Analysis Of Slope Stability On Road Sections With Geotextile Reinforcement)(Studi Kasus Pada Ruas Jalan Tol Ngawi-Caruban Sta. 128+ 850, Proyek Jalan Tol Ngawi-Kertosono)," 2019.
- [4] M. Fadhil, "Analisa Kestabilan Lereng Di Area Ferari Block West Sorowako Pt. Vale Indonesia Tbk." Universitas Bosowa, 2022.
- [5] A. H. Bahalwan, "Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Pada Lereng Analysis Of Slope Stability With Strengthening Of Geotechstiles In Slopes (Studi Kasus Pada Jalan Tol Semarang Solo Sta. 2+ 200)," 2018.
- [6] M. H. Abdullah, "Analisis Daya Dukung Tanah Terhadap Kerusakan Jalan Di Desa Bulutigo Kecamatan Laren Kabupaten Lamongan." Universitas Islam Lamongan, 2021.
- [7] C. Mantiri, "Tinjauan Perencanaan Daya Dukung Dan Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Pembangunan Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado." Politeknik Negeri Manado, 2015.
- [8] Z. Arifin, "Komparasi Daya

- Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung Dengan Beberapa Metode Analisis,” *Jur. Tek. Sipil, Fak. Tek. Univ. Diponegoro, Semarang*, 2007.
- [9] U. Masri, “Korelasi Nilai Cbr Dengan Menggunakan Data Sondir Dan Menggunakan Data Dcp Di Wilayah Kampus Universitas Pasir Pengaraian.” Universitas Pasir Pengaraian Kabupaten, 2017.
- [10] A. A. Haziri, S. Supardin, And S. Syaifuddin, “Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Cara Statis Dan Dinamis,” *J. Sipil Sains Terap.*, Vol. 2, No. 01, 2019.