

ANALISIS PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG (*SPUN PILE*) DAN TIANG BOR (*BORED PILE*) BERDASARKAN PERHITUNGAN DAN UJI LAPANGAN PADA PROYEK PENGEMBANGAN KAMPUS POLITEKNIK NEGERI MADIUN

Khairul Ummam Adisanjaya¹, Moch. Sholeh², Dandung Novianto³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, ³ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹adisanjaya099@gmail.com, ²moch.sholeh@polinema.ac.id, ³dandung.novianto@polinema.ac.id

ABSTRAK

Proyek Pengembangan Kampus Politeknik Negeri Madiun merupakan proyek bangunan gedung bertingkat yang terdiri dari 4 lantai dengan luasan per lantai yakni lantai 1 seluas 2480 m², lantai 2 seluas 2400 m², lantai 3 seluas 2400 m², dan lantai 4 seluas 1170 m² dengan luas total bangunan 8450 m². Proyek tersebut awalnya direncanakan menggunakan tiang bor dengan kedalaman 23 m, dengan mempertimbangkan efisiensi dari pelaksanaa di lapangan, maka penulis akan membandingkan perencanaan awal yakni penggunaan tiang bor dengan tiang pancang.

Pada perhitungan analisa statika menggunakan software Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018 dan pada pembebanan menggunakan standar PPIUG 1983. Data tanah yang digunakan dalam perhitungan kapasitas daya dukung pondasi menggunakan data N-SPT pada titik DB-3 sebagai acuan perhitungan. Metode pelaksanaan yang digunakan yaitu dengan pemancangan tiang menggunakan mesin Drop Hammer, lalu dalam perhitungan estimasi biaya menggunakan HSPK Kota Madiun.

Dari hasil analisa, didapatkan bahwa beban kombinasi terbesar terdapat pada Kolom 11 (Portal G As 11) dan Kolom 12 (Portal G As 12), dengan Beban Kombinasi LRFD sebesar 485.188,48 kg dan Beban Kombinasi ASD sebesar 380307,72 kg. Adapun hasil perhitungan daya dukung tiang pada pondasi tiang pancang (*spun pile*) sebesar 130,025 ton, daya dukung kelompok sebesar 589,887 ton, penurunan total pondasi 8,880 cm, dengan total anggaran biaya sebesar Rp. 9.390.264.961. Sedangkan untuk pondasi tiang bor (*bored pile*) daya dukung tiang sebesar 139,229 ton, daya dukung kelompok sebesar 595,792 ton, penurunan total pondasi 9,464 cm, dengan total anggaran biaya sebesar Rp. 15.248.960.510. Oleh karena itu, berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi, metode pekerjaan dan rencana anggaran biaya maka digunakan pondasi tiang pancang (*spun pile*) yang dianggap paling ekonomis dan efisien.

Kata kunci : Pondasi, Daya dukung, Spun Pile, Bored Pile

ABSTRACT

Polytechnic State of Madiun development project is the multi-storey building that consist of 4 floors with a 8450 m² total building area. The project was originally planned to use a bored pile 23 m depth. Taking into consideration of implementation efficiency, the author compared the initial application planning between bored pile and spun pile.

Static analysis used Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018 and the loading used PPIUG 1983. Soil data N-SPT point DB-3 was used as reference calculation. Implementation used Drop Hammer machine then cost estimation calculation used HSPK Madiun.

From the analysis result, it was found that the largest combination load was column 11 (Portal G A 11) and column 12 (Portal G As 12) with the 485.188,48 kg LRFD combination load and 380307,72 kg ASD combination load. The bearing capacity of spun pile was 130,025 ton while bearing capacity group was 589,887 ton with the decrease of total foundation was 8,880 cm. It needed Rp. 9.390.264.961. Different from spun pile, the bearing capacity of bored pile was 139,229 ton while bearing capacity group was 595,792 ton with the decrease of total foundation was 9,464 cm. It costed Rp. 15.248.960.510. Furthermore, based on bearing capacity calculation, implementation, and cost, Spun pile was the most efficient and lowest cost.

Key word : Foundation, Bearing capacity, Spun Pile, Bored Pile

1. PENDAHULUAN

Pondasi merupakan bagian dari suatu bangunan yang tergolong struktur bawah (sub structure). Secara umum pondasi yang digunakan pada struktur bawah bangunan ada dua tipe yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Dari beberapa jenis pondasi dalam yang sering digunakan pondasi tiang pancang merupakan pondasi yang paling mudah dipakai, karena jenis pondasi ini dapat dilakukan dengan cara precast dimana kualitasnya bisa lebih terkontrol dibandingkan dengan jenis pondasi lainnya. Penentuan jenis pondasi untuk suatu bangunan tentunya selalu mempertimbangkan banyak hal. Biasanya perimbangan yang utama adalah kecocokan jenis pondasi dan besarnya biaya yang harus dikeluarkan. Adapun jenis pondasi dalam yang digunakan pada Proyek Politeknik Negeri Madiun yaitu pondasi tiang bor (Bored Pile). Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan kekurangan dan kelebihan pada pondasi tiang bor maka penulis akan membandingkan perencanaan pondasi tiang bor (Bored Pile) dengan pondasi tiang pancang (Spun Pile) yang memiliki kelebihan yakni tegangannya yang kuat karena pondasi tiang pancang selalu terjamin mutunya, pondasi tiang pancang juga sangat awet dan dapat bertahan lama, serta dengan menggunakan pondasi tiang pancang maka konstruksi galian pada tanah akan lebih minim dikarenakan air tanah tidak mempengaruhinya. Sehubungan dengan data - data yang didapatkan dari proyek pembangunan gedung baru Politeknik Negeri Madiun yang bertempat di Kota Madiun Provinsi Jawa Timur, maka dalam penulisan skripsi ini penulis akan membuat perbandingan jenis pondasi dari proyek yang menggunakan pondasi dalam tiang bor (Bored Pile) dengan penggunaan pondasi tiang pancang (Spun pile) dalam judul “Analisa Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) dan Tiang Bor (Bored Pile) Berdasarkan Perhitungan dan Uji Lapangan Pada Proyek Pengembangan Kampus Politeknik Negeri Madiun”.

2. METODE

Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang sering digunakan pada kondisi tanah yang lembek atau tanah berawa dengan kapasitas daya dukung tanah yang kecil, kondisi air tanah yang tinggi dan tanah yang keras pada posisi yang sangat dalam. Pondasi tiang dibagi menjadi 4: (1) Tiang Pancang Kayu; (2) Tiang Pancang Beton; (3) Tiang Pancang Baja; (4) Tiang Pancang Komposite.

Pondasi Tiang Bor (Bored Pile)

Jika tiang pancang dipasang dengan cara dipukul ke dalam tanah, tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan

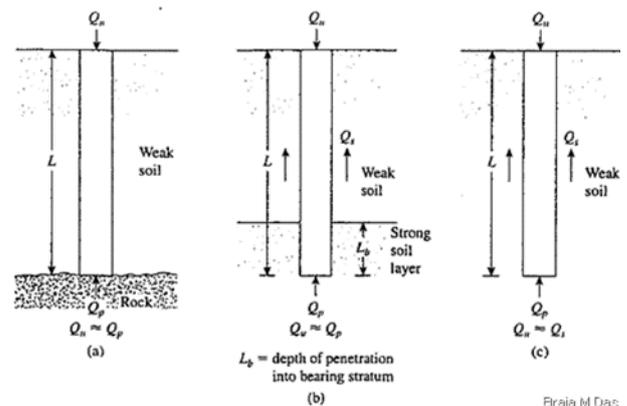
tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan kemudian dicor beton.

Pembebanan

Menurut (PPIUG,1983) Beban adalah sekelompok gaya yang akan bekerja pada suatu luasan struktur. Setiap bangunan selalu memiliki beban baik beban struktural maupun beban yang ditimbulkan oleh manusia, dimana semua beban tersebut bisa mempengaruhi kekuatan suatu bangunan.

Daya Dukung Pondasi Tiang

Peningkatan beban yang bekerja pada suatu pondasi menyebabkan tegangan yang terjadi pada dasar pondasi tersebut akan meningkat pula, demikian dengan penurunan yang akan terjadi. Apabila beban tersebut terus menerus meningkat, maka akan menyebabkan kelongsoran pada dasar pondasi serta terjadinya penurunan yang berlebihan pada pondasi tersebut yang bisa mengakibatkan terjadinya kehancuran suatu struktur atasnya.



Gambar 1 Gaya Dukung Pada Tiang Tunggal

Penurunan Pondasi (Settlement)

Pada kebanyakan perencanaan pondasi tiang, penurunan yang terjadi cukup kecil sehingga tidak menjadi masalah, dan sering tidak diperhatikan. Akan tetapi, pada tiang bor besar yang menahan beban yang berat, penurunan mungkin menjadi persoalan dan harus diselidiki secara mendalam.

Penurunan Kelompok Tiang

Penurunan segera atau penurunan elastis dari suatu pondasi terjadi akibat dari pembebanan seketika pada pondasi tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air. Berikut adalah persamaan untuk menentukan jumlah penurunan kelompok tiang berdasarkan nilai $N=SPT$ seperti persamaan sebagai berikut :

$$S_{g(e)} = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{Bg} \cdot l}{N_{SPT}}$$

$$q = \frac{Qv}{(Lg \cdot Bg)}$$

$$I = 1 - \frac{Lg}{8.Bg} \geq 0,5$$

Dimana :

Sg(e) = Penurunan elastic kelompok tiang (mm)

Lg = Panjang kelompok tiang (mm)

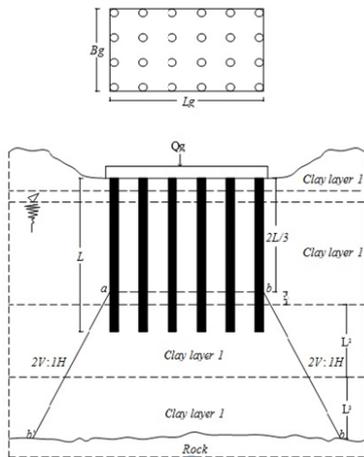
Bg = Lebar kelompok tiang (mm)

NSPT = Nilai rata – rata N-SPT pada kedalaman Bg dibawah pondasi

I = faktor pengaruh

Penurunan Konsolidasi (Consolidation)

Penurunan konsolidasi atau penurunan jangka panjang adalah penurunan yang terjadi secara bertahap bersamaan dengan disipasi tekanan air pori. Oleh karena itu, penurunan konsolidasi hanya terjadi pada tanah lempung. Sedangkan untuk tanah pasir, hanya terjadi penurunan sedikit (imeediate).



Gambar 2 Penurunan Konsolidasi Kelompok Tiang

Dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta S_i = \left[\frac{C_c(i) \cdot H_i}{1 + e_0} \right] \log \left[\frac{P_{0(i)} \Delta P(i)}{P_{0(i)}} \right]$$

Dengan:

$$P_0 = \gamma_{sat} \cdot H$$

$$\Delta P = \frac{Qg}{(Bg + Z)(Lg + Z)}$$

Qg = daya dukung kelompok tiang

Menurut SNI 8460:2017, penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman.

Perhitungan Penulangan Pada Tiang Bor (Bored Pile)

Perhitungan pada penulangan pondasi tiang sama halnya dengan perhitungan penulangan pada kolom dengan beban aksial, karena pada pondasi tiang gaya yang diterima hanya gaya aksial dimana gaya tersebut hanya bekerja tegak lurus terhadap penampang potong atau sejajar dengan sumbu batang.

Pengolahan Data

Beban dihitung berdasarkan gambar lengkap dari gedung tersebut ditinjau mulai dari denah hingga bagian detail dari bangunan tersebut. Kemudian dihitung beban gedung dengan mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1987. Setelah itu untuk perhitungan statika menggunakan alat bantu *Software Robot Structural Analysis*.

Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) dan Tiang Bor (Bored Pile)

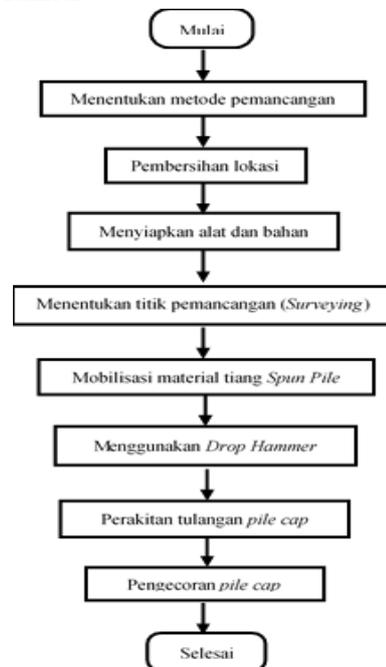
Metode pelaksanaan pekerjaan pondasi *Spun Pile* dan pondasi *bored pile* menggunakan cara yang berbeda dalam pelaksanaannya. Pada metode Tiang Pancang dipasang dengan cara dipukul ke dalam tanah, tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan kemudian dicor beton.

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya dilakukan dengan menghitung volume pekerjaan yang diperoleh dari gambar rencana dan spesifikasi teknis, untuk analisa harga satuan pekerjaan mengacu pada HSPK Depok tahun 2019.

Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

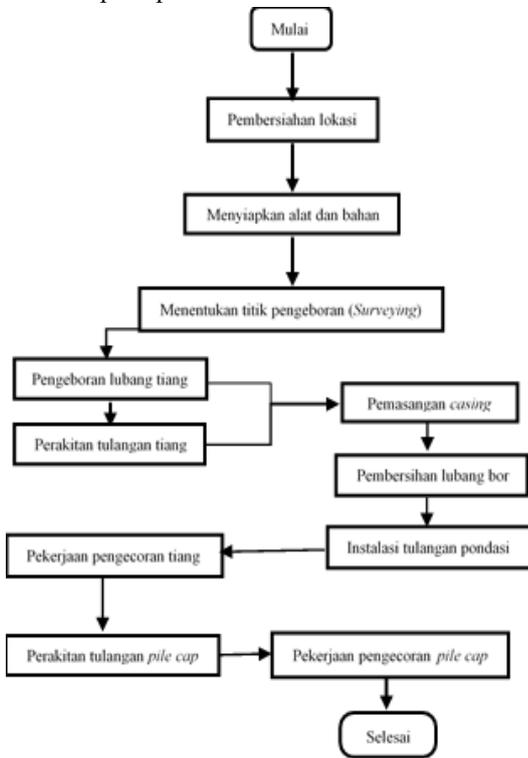
Metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi spun pile dijelaskan melalui diagram alir seperti pada Gambar 3



Gambar 3 Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Bor

Metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang bor / bored pile dijelaskan melalui flowchart seperti pada Gambar 4



Gambar 4 Diagram Alir Perencanaan Pondasi Tiang Bor

Pembebanan pada portal G Parsial 2 dianalisis menggunakan software Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018 dengan kombinasi pembebanan LRFD (1,2DL + 1,6LL) dan ASD (DL + LL + WL) yang menghasilkan reaksi sebagai berikut :

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel dibawah ini, maka di pilih beban paling besar yang terdapat pada Portal G (As G/7-16), dimana hasil reaksi pada poral tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi. Dari hasil analisa, didapatkan bahwa beban kombinasi terbesar terdapat pada Kolom 11 (Portal G As 11) dan Kolom 12 (Portal G As 12), dengan Beban Kombinasi LRFD sebesar 485.188,48 kg dan Beban Kombinasi ASD sebesar 380307,72 kg.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Skema Pembebanan Portal Parsial 2 (As G/7-16)

Tabel 1 Hasil Reaksi Pembebanan Kombinasi LRFD Portal G (AS G/7-16)

Nama Beban	Kolom 7 (As G/7)	Kolom 8 (As G/8)	Kolom 9 (As G/9)	Kolom 10 (As G/10)	Kolom 11 (As G/11)	Kolom 12 (As G/12)	Kolom 13 (As G/13)
Fx (kg)	1259,81	3617,60	201,22	-107,24	7262,86	-7262,86	107,64
Fz (kg)	181525,17	280960,00	339503,76	335162,55	485188,48	485188,48	335162,55
My (kgm)	-4852,03	-19423,99	540,65	38,58	-108119,63	108119,63	-38,58

Tabel 2 Hasil Reaksi Pembebanan ASD Portal G (As G/7-16)

Nama Beban	Kolom 7 (As G/7)	Kolom 8 (As G/8)	Kolom 9 (As G/9)	Kolom 10 (As G/10)	Kolom 11 (As G/11)	Kolom 12 (As G/12)	Kolom 13 (As G/13)
Fx (kg)	1004,61	2853,10	159,41	-84,91	5746,05	-5746,05	84,91
Fz (kg)	141076,32	219749,65	265802,90	262371,43	380307,72	380307,72	262371,43
My (kgm)	-3879,84	-15314,88	427,94	30,40	-84143,49	84143,49	-30,40

A. Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile)

a. Menentukan Qp

Nilai K adalah 25 ton/m², diambil berdasarkan jenis tanah pada kedalaman tiang 20 m adalah Lanau Berpasir.

$$\begin{aligned}
 Q_p &= N_p \cdot K \cdot A_p \\
 &= 38,4 \cdot 25 \cdot (\pi \cdot [0,2]^2) \\
 &= 120,686 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan Qs

$$\begin{aligned}
 Q_s &= (N_s/3 + 1) \cdot A_s \\
 &= (19,31/3 + 1) \cdot (\pi \cdot 0,4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (6,44 + 1) \cdot (1,256) \\
 &= 7,44 \cdot 1,256 \\
 &= 9,339 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Kapasitas daya dukung *ultimate* tiang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 120,686 + 9,339 \\
 &= 130,025 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan daya dukung ijin (Q_{all}) pondasi pancang (spun pile) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{130,025}{2,5} \\
 &= 52,010 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Daya Dukung Izin Kelompok Tiang Pancang

Berikut adalah perhitungan kapasitas ultimate kelompok tiang pada pondasi spun pile :

Kapasitas daya dukung ijin kelompok tiang pada kolom tepi (As G/7) :

$$\begin{aligned}
 Q_{grup} &= E_g \cdot N \cdot Q_u \\
 &= 0,656 \cdot 3 \cdot 130,025 \\
 &= 255,748 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kontrol daya dukung kelompok tiang :

$$\begin{aligned}
 Q_{group} &> Q_v \\
 255,748 \text{ ton} &> 141,076 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kapasitas daya dukung ijin kelompok tiang kolom tengah (As G/11) :

$$\begin{aligned}
 Q_{grup} &= E_g \cdot N \cdot Q_u \\
 &= 0,567 \cdot 8 \cdot 130,025 \\
 &= 589,887 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

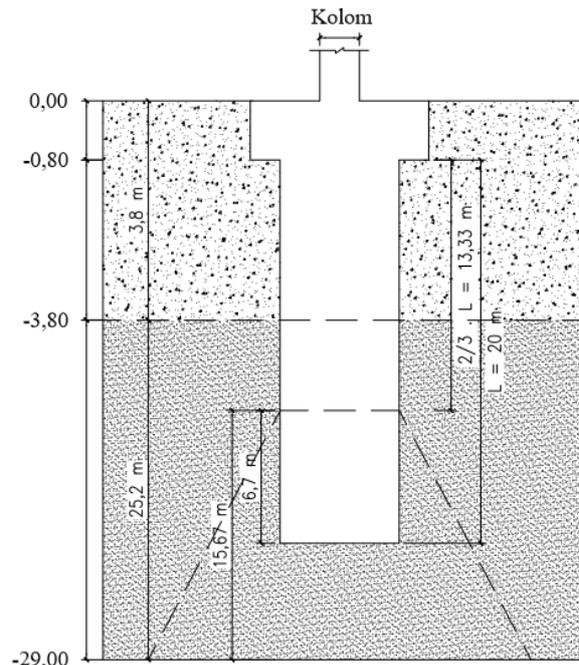
Kontrol daya dukung kelompok tiang :

$$\begin{aligned}
 Q_{group} &> Q_v \\
 589,887 \text{ ton} &> 380,308 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Penurunan Total Pondasi Tiang Pancang

a. Penurunan Kelompok Tiang

$$\begin{aligned}
 (S_{g(e)}) &= \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B \cdot g} \cdot I}{N_{SPT}} \\
 &= \frac{0,92 \cdot 10,611 \cdot \sqrt{179,2} \cdot 0,863}{59} \\
 &= 1,915 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5 Skema Penurunan Konsolidasi Pada Pondasi

Tiang Pancang (Spun Pile)

b. Penurunan Konsolidasi

$$\begin{aligned}
 \Delta p_0 &= \frac{Q_g}{(L_g + Z_1)(B_g + Z_1)} \\
 &= \frac{589886776,2}{(200 + \frac{2520}{2})(179,2 + \frac{2520}{2})} \\
 &= 280,733 \text{ gr/cm}^2 \\
 P_0 &= \gamma'_1 H_1 + \gamma'_2 H_2 \\
 &= (1,620 \cdot 380) + (1,620 \cdot 2520) \\
 &= 4698 \text{ gr/cm}^2 \\
 \Delta S_c &= \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_0}{P_0} \\
 &= \frac{0,220 \cdot 2520}{1 + 1,013} \log \left[\frac{4698 + 280,733}{4698} \right] \\
 &= 6,965 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai penurunan konsolidasi kelompok tiang sebesar 6,965 cm. Didapatkan nilai penurunan total sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Penurunan total} &= \text{Penurunan elastik} + \text{Penurunan konsolidasi} \\
 &= 1,915 \text{ cm} + 6,965 \text{ cm} \\
 &= 8,880 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pada Pondasi Tiang Pancang (*Spun Pile*)

Tabel 3 Rencana Anggaran Biaya Pondasi Tiang Pancang (*Spun Pile*)

No.	Ururaian Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan	Harga Total
A	Pekerjaan Persiapan				Rp 510.700.999,73
1	Pembersihan Lokasi	2480,00	m'	Rp 204.118,28	Rp 506.213.338,84
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	134,40	m'	Rp 33.390,33	Rp 4.487.660,89
B	Pekerjaan Pancang				Rp 7.610.498.560,00
1	Pekerjaan Pemancangan, diameter 400 mm	8960,00	m'	128.171,00	Rp 1.148.412.160,00
2	Pengadaan Tiang Pancang, diameter 400 mm	8960,00	m'	721.215,00	Rp 6.462.086.400,00
C	Pekerjaan Pile Cap				Rp 1.269.065.401,91
1	Pekerjaan Galian	247,55	m3	Rp 90.203,00	Rp 22.329.933,06
2	Pekerjaan Lantai Kerja	33,54	m3	Rp 1.571.149,00	Rp 52.690.052,86
3	Pekerjaan Bekisting	703,11	m2	Rp 340.729,00	Rp 239.570.345,78
4	Pekerjaan Pembesian	43912,38	kg	Rp 15.720,00	Rp 690.302.676,48
5	Pekerjaan Pengcoran	247,55	m3	Rp 1.067.139,00	Rp 264.172.393,73
D	Total				Rp 9.390.264.961,64

B. Daya Dukung Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Kapasitas dukung tiang dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut :

Daya Dukung Tiang (Q_p) :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= N_p \cdot K \cdot A_p \\
 &= 44,3 \cdot 25 \cdot (\pi \cdot 0,2^2) \\
 &= 139,229 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung selimut (Q_s) :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \left(\frac{N_s}{3} + 1\right) \cdot A_s \\
 &= \left(\frac{22,94}{3} + 1\right) \cdot (\pi \cdot 0,4) \\
 &= (7,65 + 1) \cdot (1,256) \\
 &= 8,44 \cdot 1,256 \\
 &= 10,859 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kapasitas daya dukung ultimate tiang:

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 139,229 + 10,859 \\
 &= 150,088 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung ijin (Q_{all})

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{150,088}{2,5} \\
 &= 60,035 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Daya Dukung Izin Kelompok Tiang Bor

Berikut adalah perhitungan kapasitas ultimate kelompok tiang pada pondasi spun pile :

Kapasitas daya dukung izin kelompok tiang pada kolom tepi ($A_s G/7$) :

$$\begin{aligned}
 Q_{grup} &= E_g \cdot N \cdot Q_u \\
 &= 0,656 \cdot 3 \cdot 150,088 \\
 &= 295,210 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kontrol daya dukung kelompok tiang :

$$\begin{aligned}
 Q_{group} &> Q_v \\
 295,210 \text{ ton} &> 141,076 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kapasitas daya dukung izin kelompok tiang kolom tengah ($A_s G/11$) :

$$\begin{aligned}
 Q_{grup} &= E_g \cdot N \cdot Q_u \\
 &= 0,567 \cdot 7 \cdot 150,088 \\
 &= 595,792 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

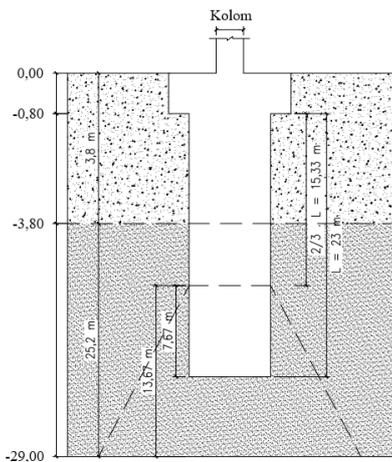
Kontrol daya dukung kelompok tiang :

$$\begin{aligned}
 Q_{group} &> Q_v \\
 595,792 \text{ ton} &> 380,308 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Penurunan Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

a. Penurunan kelompok tiang

$$\begin{aligned}
 (S_{g(e)}) &= \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot l}}{N_{SPT}} \\
 &= \frac{0,92 \cdot 10,611 \cdot \sqrt{179,2} \cdot 0,863}{45,125} \\
 &= 2,499 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 6 Skema Penurunan Konsolidasi Pada Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

b. Perhitungan Penurunan

$$\Delta p_0 = \frac{Q_g}{(L_g + Z_1)(B_g + Z_1)}$$

$$= \frac{589886776,2}{(200 + \frac{2520}{2})(179,2 + \frac{2520}{2})}$$

$$= 280,733 \text{ gr/cm}^2$$

$$P_0 = \gamma'_1 H_1 + \gamma'_2 H_2$$

$$= (1,620 \cdot 380) + (1,620 \cdot 2520)$$

$$= 4698 \text{ gr/cm}^2$$

$$\Delta S_c = \frac{Cc H}{1 + e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P_0}{P_0}$$

$$= \frac{0,220 \cdot 2520}{1 + 1,013} \log \left[\frac{4698 + 280,733}{4698} \right]$$

$$= 6,965 \text{ cm}$$

Jadi nilai penurunan konsolidasi kelompok tiang sebesar 6,965 cm. Didapatkan nilai penurunan total sebesar:

$$\text{Penurunan total} = \text{Penurunan elastik} + \text{Penurunan konsolidasi}$$

$$= 2,4 \text{ cm} + 6,965 \text{ cm}$$

$$= 9,464 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

Nilai penurunan total total kurang dari penurunan izin pada bangunan, jadi besar nilai penurunan pondasi masih aman.

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pada Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Tabel 4 Rencana Anggaran Biaya Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

No.	Ururaian Pekerjaan	Volume	Sat.	Harga Satuan	Harga Total
A	Pekerjaan Persiapan				Rp 510.380.452,52
1	Pembersihan Lokasi	2480,00	m'	Rp 204.118,28	Rp 506.213.338,84
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	124,80	m'	Rp 33.390,33	Rp 4.167.113,68
B	Pekerjaan Bored Pile				Rp 13.469.514.656,00
1	Tiang Bor beton fc' 30 Mpa, diameter 40 cm (Include pengeboran dan pengecoran)	9568,00	m'	Rp 1.407.767,00	Rp 13.469.514.656,00
C	Pekerjaan Pilecap				Rp 1.269.065.401,91
1	Pekerjaan Galian	247,55	m3	Rp 90.203,00	Rp 22.329.933,06
2	Pekerjaan Lantai Kerja	33,54	m3	Rp 1.571.149,00	Rp 52.690.052,86
3	Pekerjaan Bekisting	703,11	m2	Rp 340.729,00	Rp 239.570.345,78
4	Pekerjaan Pembesian	43912,38	kg	Rp 15.720,00	Rp 690.302.676,48
5	Pekerjaan Pengecoran	247,55	m3	Rp 1.067.139,00	Rp 264.172.393,73
D	Total				Rp 15.248.960.510,43

Metode pelaksanaan

a) Pondasi Tiang Pancang (*Spun Pile*)

1. Pekerjaan persiapan

- Mencari informasi pada pemilik proyek terkait dengan data yang dibutuhkan.
- Data yang didapat adalah data sekunder.
- Mengumpulkan dan mempelajari segala bentuk kegiatan yang dapat mendukung dalam penyusunan laporan.

2. Pekerjaan Pemancangan

Pekerjaan pemancangan pondasi pancang menggunakan *Drop Hammer*

- Drop hammer merupakan palu berat yang diletakkan pada ketinggian tertentu diatas tiang palu dan kemudian dijatuhkan mengenai bagian atas tiang.
- Pada kepala tiang dipasang topi sebagai penahan energy atau *Shock Absorber* yang terbuat dari kayu.

b) Pondasi *Bored Pile*

1. Pekerjaan Persiapan

Tahapannya meliputi :

- a. Permembersihan lokasi pekerjaan.
- b. Pembuatan jalan akses untuk dilalui alat berat yang akan bekerja.
- c. Survey dan penentuan titik *borepile* berdasarkan data koordinat titik *borepile* dari *shopdrawing*.

2. Pekerjaan *Bored pile*

Pekerjaan *bored pile* dilakukan menggunakan *borepile machine*. Tahapannya meliputi:

- a. Setting *borepile machine* pada titik yang telah ditentukan.
- b. Pengecekan kelurusan *borepile machine* dengan titik bor.
- c. Setelah pengeboran mencapai 1 meter, alat bor diangkat kembali untuk pemasangan chasing.
- d. Pengeboran dilakukan kembali hingga mencapai kedalaman rencana,
- e. Dilakukan *test ultrasonic* untuk mengetahui keutuhan lubang bor.
- f. Pekerjaan fabrikasi tulangan diarea *workshop*.
- g. Instalasi tulangan *borepile* dilakukan setelah hasil *test ultrasonic* telah memenuhi, instalasi bisa menggunakan crane dari alat bor atau bisa menggunakan excavator untuk pengangkatan tulangan *borepile*.
- h. Pekerjaan pengecoran dilakukan, chasing sambil diangkat bersamaan dengan naiknya beton *borepile*.

pondasi tiang pancang (*spun pile*) yang dianggap paling ekonomis dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowles, Joseph. E (1999). Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta. Erlangga
- [2] Fadilah UN, Halimah Tunafiah. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese & Wright dan Penurunan. Jurnal IKRA-ITH Teknologi, 2 (3)
- [3] Hardiyatmo, HC. (2010), Analisa dan Perencanaan Fondasi Bagian I. Gadjah Mada University Press.
- [4] Hardiyatmo, HC. (2010), Analisa dan Perencanaan Fondasi Bagian II. Gadjah Mada University Press. [5]
- [6] Latfiah Nur DF, Anik Ratnaningsih, Jujuk W Soetjipto. (2014), Perbandingan Efisiensi Kerja Alat Diesel Hammer dengan Hydraulic Hammer pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Dari Segi Waktu dan Biaya (Studi kasus : Proyek Pembangunan Jember Sport Center). Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember. 1 : 1
- [7] Pamungkas, Anugrah, Erny Harianti. (2013), Desain Pondasi Tahan Gempa, Penerbit ANDI Yogyakarta
- [8] PPIUG 1983. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- [9] Sardjono, HS. Ir. (1991), Pondasi Tiang Pancang Jilid 1, Penerbit Sinar Wijaya Surabaya.
- [10] Sardjono, HS. Ir. (1991), Pondasi Tiang Pancang Jilid 2, Penerbit Sinar Wijaya Surabaya.
- [11] SNI 03-1726-2002. (2002). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah.
- [12] SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah.
- [13] SNI 03-2847-2008. (2008). Tata Cara Uji Pentrasi Lapangan dengan Alat Sondir, Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah.

Kesimpulan

1. Daya dukung pondasi diperoleh sebagai berikut:
 - a. Pondasi *spun pile* diperoleh daya dukung tiang pada pondasi tiang pancang (*spun pile*) sebesar 130,025 ton, daya dukung kelompok sebesar 589,887 ton,
 - b. Pondasi *borpile* daya dukung tiang sebesar 139,229 ton, daya dukung kelompok sebesar 595,792 ton,
2. Nilai penurunan pondasi sebagai berikut:
 - a. Pada pondasi *spun pile* diperoleh nilai penurunan total pondasi 8,880 cm,
 - b. Pada pondasi *borpile* diperoleh nilai penurunan total pondasi 9,464 cm,
3. Pada pondasi *spun pile* digunakan metode Drop Hammer sebagai alat pemancangan tiang. Dan pada pondasi *borepile* menggunakan alat *borepile machine* untuk pengeboran tanah.
4. Berdasarkan perhitungan rencana anggaran biaya didapatkan rencana anggaran biaya pada pondasi *spun pile* eksisting sebesar Rp. 9.390.264.961. dan pada pondasi *borepile* rencana sebesar Rp. 15.248.960.510. Berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi, metode pekerjaan dan rencana anggaran biaya maka digunakan