

MODIFIKASI FONDASI TIANG BOR (*BORE PILE*) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PELAYANAN RUMAH SAKIT BHAYANGKARI KEDIRI - MRK

Wendy Bagus Septian¹, Dandung Novianto², Moch. Sholeh³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: wendybagus55@gmail.com¹, dandung.novianto@polinema.ac.id², moch.sholeh@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Pemilihan fondasi perlu pertimbangan berdasarkan kondisi tanah, beban pada struktur atas bangunan, situasi di sekitar lokasi pekerjaan, dan biaya pengerjaan. Laporan akhir ini membahas tentang pemodifikasian fondasi menjadi tiang bor secara keseluruhan, dikarenakan lokasi merupakan daerah padat penduduk dan ada bangunan eksisting yang tidak dibongkar. Permasalahan yang akan penulis bahas adalah pembebanan struktur atas gedung tersebut, daya dukung tiang, penurunan kelompok tiang, metode pelaksanaan, dan rencana anggaran biaya untuk membandingkan dengan kondisi eksisting. Dengan tujuan dari penulisan laporan akhir yang menjawab permasalahan. Perhitungan pembebanan struktur atas bangunan mengacu pada SNI 2847-2019 dan dianalisa menggunakan bantuan software Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2019. Perhitungan beban angin mengacu pada SNI 1727-2020. Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726-2019. Desain fondasi menggunakan fondasi tiang bor dengan mutu beton K-350. Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan data hasil uji penetrasi di lapangan (Standard Penetration Test). Perhitungan dimensi pilecap mengacu pada SNI 2847-2019. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Kota Kediri. Hasil analisa didapatkan nilai daya dukung kelompok tiang sebesar 948,787 ton, dengan jumlah keseluruhan tiang sebanyak 281 tiang, menggunakan alat drilling Pucket, diameter bor yang digunakan 65 dan 50 cm, kedalaman tiang bor 10,85 dan 4,85 meter, dan biaya pekerjaan fondasi dan pilecap sebesar Rp 5.095.235.568,43.

Kata kunci : fondasi, tiang bor, N-SPT, daya dukung, RAB

ABSTRACT

Choosing the type of building foundation requires several considerations, such as the soil conditions, the load of the superstructure of the building, the situation near the work site, and the cost of the construction. This thesis is about modifying the foundation into a drilling pile as a whole because the site is located in a densely populated area, and there are existing building that has not been demolished. This undergraduate thesis aimed to find the load of the superstructure, bearing capacity, settlement, implementation method, and a cost estimation ratio to the existing condition. The loading calculation of the superstructure refers to SNI 2847-2019 and it is analyzed using the assistance of Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2019 software. The wind load calculation refers to SNI 1727-2020. The seismic load calculation refers to SNI 1726-2019. The design of the foundation use drilling pile foundation specification K-350 concrete quality. Bearing capacity calculation employs the data from the standard penetration test. Pile cap calculation refers to SNI 2847-2019. The work unit price analysis of the City of Kediri was used to estimate the total cost of construction. The result of the analysis demonstrated that the bearing capacity of the group pile was 948,787 tons, with a total drilling pile is 281 piles, using the drilling Pucket tool, the diameter of the drilling pile hole was 65 and 50 cm, and the depth is 10,85 and 4,85 meters, the cost of the foundation and pile cap work is Rp 5.095.235.568,43.

Keywords : foundation, bore pile, N-SPT, bearing capacity, cost estimate

1. PENDAHULUAN

Fondasi didefinisikan sebagai suatu konstruksi bangunan yang mempunyai fungsi sebagai penyangga atau penopang dari suatu struktur bangunan dan meneruskan beban dari struktur atas ke lapisan tanah yang keras. Fondasi sendiri juga dibedakan sesuai jenis kedalaman fondasi tersebut, Fondasi dangkal (*shallow foundation*) dan fondasi dalam (*deep foundation*). Fondasi tiang bor (*bor pile*) merupakan jenis fondasi dalam yang dalam konstruksinya menggunakan material besi tulangan dan beton. Fungsi fondasi tiang bor adalah mentransfer beban dari struktur atas bangunan ke lapisan tanah keras, dengan bentuk beban vertikal yang disalurkan melalui selimut tiang fondasi tersebut. Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan yang baik bagi masyarakat Kota Kediri dan sekitarnya mengakibatkan permintaan terhadap fasilitas pelayanan kesehatan meningkat. Pemilihan Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri dikarenakan masalah pembangunan gedung baru pada lahan yang sebelumnya adalah tempat parkir, mengakibatkan pelaksanaan pekerjaan fondasi mengalami kendala akibat alat berat yang digunakan tidak dapat beroperasi dengan bebas sehingga mengalami kemunduran jadwal dari yang ditentukan. Pada keadaan asli bangunan proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri menggunakan fondasi campuran tiang pancang berukuran 40 x 40 cm dan tiang bor berdiameter 40 cm dengan kedalaman yang dicapai tanah keras yaitu 16,5 m. Sedangkan dalam penelitian ini penulis akan mencoba menghitung kembali dengan memodifikasi struktur bawah yaitu fondasi menjadi tiang bor secara keseluruhan dengan segi aman, kuat, dan efisien.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengetahui perhitungan beban struktur atas pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Bhayangkara Kediri fondasi menggunakan software aplikasi *Robot Structural Analysis Program* (RSAP).
- 2) Mengetahui daya dukung fondasi tiang bor pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Bhayangkara Kediri.
- 3) Mengetahui permodifikasian fondasi tiang bor yang efektif pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Bhayangkara Kediri.
- 4) Mengetahui penurunan fondasi tiang bor pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Bhayangkara Kediri.
- 5) Mengetahui metode pelaksanaan fondasi tiang bor pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Bhayangkara Kediri.
- 6) Mengetahui perbandingan biaya fondasi sebelumnya dengan tiang bor pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Bhayangkara Kediri.

2. METODE

Fondasi tiang bor digunakan apabila kondisi tanah dasar lokasi pembangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang baik untuk memikul beban bangunan di atasnya. Pada kasus Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri, fondasi tiang bor dipilih karena adanya bangunan eksisting yang tidak dibongkar sehingga alternatif terbaik adalah menggunakan fondasi tiang bor. Proses pelaksanaan pengeboran fondasi tiang bor menggunakan metode pipa selubung baja (*casing*) dikarenakan tanah pada lokasi proyek merupakan tanah pasir, pemberian bantuan berupa pipa selubung baja dapat mengurangi resiko kelongsoran tanah saat proses pengeboran dan pengecoran fondasi tiang bor.



Gambar 1 Detail dan Potongan PL1

Sumber: ilmutekniksipil.com

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Didapatkan data sekunder yang diperoleh secara langsung dari PT. Catra Sena Engineering sebagai konsultan pengawas Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri. Data yang didapatkan berupa data gambar rencana dan data penyelidikan tanah di lapangan dengan SPT (*Standard Penetration Test*) seperti yang tertera pada **Tabel 1** dibawah ini:

Tabel 1. Scan Tabel Daya Dukung Aktual Tanah Berdasarkan SPT

No	Nilai N-SPT		D (Persagi)		m	n	N1	N2	Nb	Ns	Ap	As	Op	Os	SF	SF	Qu (ton)	Opasai (kg)
	Depth	N-SPT	m	n														
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,5	11	0,40	0,20	40,00	3,67	11,00	7,33	11,00	0,16	2,40	46,93	5,28	3,00	5,00	16,70	167,00	0,00
2	3	8	0,40	0,50	40,00	6,33	8,00	7,17	9,50	0,16	4,80	45,87	22,60	3,00	5,00	19,80	198,00	0,00
3	4,5	4	0,40	0,50	40,00	7,67	4,00	5,83	7,67	0,16	7,20	37,33	27,60	3,00	5,00	17,96	179,64	0,00
4	6	8	0,40	0,20	40,00	6,67	8,00	7,33	7,75	0,16	9,60	46,93	14,88	3,00	5,00	18,62	186,20	0,00
5	7,5	10	0,40	0,20	40,00	7,33	10,00	8,67	8,20	0,16	12,00	55,47	19,66	3,00	5,00	22,42	224,20	0,00
6	9	12	0,40	0,20	40,00	10,00	12,00	11,00	8,83	0,16	14,40	70,40	25,44	3,00	5,00	28,56	285,56	0,00
7	10,5	7	0,40	0,20	40,00	9,67	7,00	8,33	8,57	0,16	16,80	53,33	28,80	3,00	5,00	23,34	233,38	0,00
8	12	9	0,40	0,20	40,00	9,33	9,00	9,17	8,63	0,16	19,20	58,67	33,12	3,00	5,00	28,18	281,80	0,00
9	13,5	28	0,40	0,20	40,00	14,67	28,00	21,33	10,78	0,16	21,60	136,53	46,56	3,00	5,00	54,82	548,20	0,00
10	15	40	0,40	0,20	40,00	25,67	40,00	32,83	13,70	0,16	24,00	210,13	65,76	3,00	5,00	83,20	831,96	0,00
11	16,5	12	0,40	0,50	40,00	26,67	12,00	19,33	13,55	0,16	26,40	123,73	118,80	3,00	5,00	77,00	770,00	0,00
12	18	14	0,40	0,50	40,00	22,00	14,00	18,00	13,58	0,16	28,80	115,20	109,60	3,00	5,00	77,52	775,20	0,00
13	19,5	14	0,40	0,20	40,00	13,33	14,00	13,67	13,62	0,16	31,20	87,47	84,96	3,00	5,00	46,13	461,48	0,00
14	21	20	0,40	0,20	40,00	16,00	20,00	18,00	14,07	0,16	33,60	115,20	104,56	3,00	5,00	57,31	573,12	0,00
15	22,5	22	0,40	0,20	40,00	18,67	22,00	20,33	14,60	0,16	36,00	130,13	105,12	3,00	5,00	64,40	644,00	0,00
16	24	26	0,40	0,20	40,00	22,67	26,00	24,33	15,31	0,16	38,40	155,73	117,60	3,00	5,00	75,43	754,31	0,00
17	26,5	40	0,40	0,50	40,00	29,33	40,00	34,67	18,78	0,16	40,80	221,87	242,60	3,00	5,00	142,38	1423,56	0,00
18	27	51	0,40	0,50	40,00	30,00	51,00	40,00	18,67	0,16	43,20	256,00	413,20	3,00	5,00	165,97	1659,70	0,00
19	28,5	46	0,40	0,50	40,00	45,67	46,00	40,00	20,11	0,16	45,60	296,00	458,40	3,00	5,00	177,01	1770,10	0,00
20	30	45	0,40	0,50	40,00	47,33	45,00	40,00	21,39	0,16	48,00	256,00	512,40	3,00	5,00	187,81	1878,10	0,00

Sebelum dilakukan analisis perhitungan manual menggunakan metode *Meyerhof*, untuk memperoleh besarnya gaya aksial kolom didapatkan dengan pemodelan menggunakan aplikasi RSAP (*Robot Structural Analysis Professional*).

Pembebanan

Dalam perhitungan fondasi tiang bor pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri memerlukan perhitungan pembebanan seperti Beban Struktur Atas Bangunan, Beban Air Hujan Rencana, Beban Angin, dan Beban Gempa.

Analisis Perhitungan Dimensi Tiang Bor

Dalam menganalisis perhitungan dimensi tiang bor perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

Trial dan Error

Pemilihan fondasi pada laporan akhir ini akan dipilih dari beberapa kasus dan dinilai mana yang paling efisien dalam segi biaya pengerjaan fondasi dan pilecap tersebut. Kasus-kasus tersebut adalah sebagai berikut:

1. Diameter tiang bor dan jumlah tiang dirubah akan tetapi kedalaman tiang bor yang dipakai sama dengan kondisi eksisting.
2. Kedalaman tiang bor dan jumlah tiang dirubah, akan tetapi diameter tiang bor sama dengan kondisi eksisting.
3. Kedalaman tiang, serta jumlah tiang akan dirubah semua

Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor

Perhitungan trial dan error menghasilkan kasus mana yang akan dipilih dalam perencanaan pendimensian fondasi, penulis akan mulai melakukan perhitungan menggunakan kasus ke-3 yang terbukti lebih murah daripada kondisi eksisting. Diameter dan kedalaman tiang yang akan digunakan akan ditampilkan dalam **Tabel 2** dibawah ini:

Tabel 2 Pendimensian Fondasi Tiang Bor

No	Tipe	Diameter (m)	Ap (m ²)	Keliling (P) (m)	Kedalaman (m)
1	PL1	0,65	0,33	2,04	10,85
2	P1	0,50	0,20	1,57	10,85
3	P2	0,50	0,20	1,57	10,85
4	P3	0,50	0,20	1,57	10,85
5	P4	0,50	0,20	1,57	4,85
6	P4(A)	0,50	0,20	1,57	4,85
7	P4(B)	0,50	0,20	1,57	4,85
8	P5	0,50	0,20	1,57	10,85

Setelah dilakukan perhitungan, dibawah ini merupakan **Tabel 3** yang merupakan rekap dari perhitungan daya dukung fondasi tiang bor.

Tabel 3 Perhitungan Qp, Qs, Qu, dan Q_{allowable}

No	Tipe	Qp (m)	Qs (m ²)	Qu (m)	Qall (m)
1	PL1	541,55	30,95	572,50	190,83

No	Tipe	Qp (m)	Qs (m ²)	Qu (m)	Qall (m)
2	P1	320,44	23,81	344,25	114,75
3	P2	320,44	23,81	344,25	114,75
4	P3	320,44	23,81	344,25	114,75
5	P4	96,13	6,86	102,99	34,33
6	P4(A)	96,13	6,86	102,99	34,33
7	P4(B)	96,13	6,86	102,99	34,33
8	P5	320,44	23,81	344,25	114,75

Penentuan Jumlah Tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang dibutuhkan dalam setiap kolom, dihitung dengan beban aksial yang bekerja pada fondasi dibagi dengan kapasitas beban dukung ijin. Jumlah tiang yang dihitung akan dibulatkan ke atas, dan apabila menemui kasus dengan pilecap hanya mempunyai satu buah tiang maka akan ditambah menjadi dua buah tiang. Dibawah ini merupakan **Tabel 4** yang berisi rekap perhitungan penentuan jumlah tiang bor.

Tabel 4 Penentuan Jumlah Tiang

No	Tipe	Qv (ton)	Qall (ton)	n	n (Pembulatan)
1	PL1	940,75	190,83	4,93	5
2	P1	554,20	114,75	4,83	5
3	P2	461,28	114,75	4,02	5
4	P3	233,50	114,75	2,03	3
5	P4	71,42	34,33	2,08	3
6	P4(A)	37,74	34,33	1,10	2
7	P4(B)	13,26	34,33	0,39	2
8	P5	463,67	114,75	4,04	5

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Untuk mengetahui daya dukung kelompok tiang perlu dilakukan beberapa hal yang diperhitungkan seperti dibawah ini:

Efisiensi Kelompok Tiang

Perumusan efisiensi kelompok tiang menggunakan persamaan *Converse-Labarre formula* yang sangat cocok untuk tanah pasir. Dibawah ini merupakan **Tabel 5** yang merupakan rekap dari perhitungan efisiensi kelompok tiang

Tabel 5 Efisiensi Kelompok Tiang

No	Tipe	S (2,5*D)	Θ	n'm (n ² -1)m+(m-1)n'	90mn'	Eg
1	PL1	1,63	0,38	3 9	42	2430 0,99
2	P1	1,25	0,38	3 5	22	1350 0,99
3	P2	1,25	0,38	3 5	22	1350 0,99
4	P3	1,25	0,38	2 2	4	360 1,00
5	P4	1,25	0,38	1 2	1	180 1,00

No	Tipe	S (2,5*D)	Θ	n'm (n'-1)m+(m-1)n'	90mn'	Eg
6	P4(A)	1,25	0,38	1 2	1	180
7	P4(B)	1,25	0,38	1 2	1	180
8	P5	1,25	0,38	3 5	22	1350

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Daya dukung ultimit kelompok tiang yang diijinkan harus dikontrol apakah nilai tersebut lebih besar dari beban aksial yang terjadi. Dibawah ini merupakan **Tabel 6** berisi rekap perhitungan kapasitas dukung ultimit kelompok tiang

Tabel 6 Kapasitas Dukung Ultimit Kelompok Tiang

No	Tipe	Qall	Eg	n	Qg-all	Qv	Qg-all>Qv
1	PL1	190,83	0,99	5	947,89	940,75	OK!!!
2	P1	114,75	0,99	5	570,19	554,20	OK!!!
3	P2	114,75	0,99	5	570,19	461,28	OK!!!
4	P3	114,75	1,00	3	342,80	233,50	OK!!!
5	P4	34,33	1,00	3	102,78	71,42	OK!!!
6	P4(A)	34,33	1,00	2	68,52	37,74	OK!!!
7	P4(B)	34,33	1,00	2	68,52	13,36	OK!!!
8	P5	114,75	0,99	5	570,19	463,67	OK!!!

Distribusi Beban Pada Tiang

Distribusi beban pada masing-masing tiang harus dihitung dikarenakan ada gaya momen yang bekerja. Pendistribusian beban pada tiap tiang harus di kontrol antara jumlah gaya yang diterima tiap tiang, harus sama dengan beban aksial yang bekerja pada fondasi tersebut.

Perhitungan Penurunan Kelompok Tiang

Meyerhof (1976) memberikan rumus tentang penurunan elastik kelompok tiang yang digunakan untuk menghitung penurunan pada tanah pasir, penurunan kelompok tiang memerlukan untuk mengkonversi nilai N_{SPT} dengan faktor koreksi terhadap alat (N_{60}). Perhitungan penurunan kelompok tiang menggunakan contoh fondasi tipe P1, dan harus dikontrol apakah penurunan yang terjadi kurang dari penurunan yang diijinkan sesuai dengan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geotek senilai $15\text{ cm} + b/600$ untuk bangunan tinggi dan dibuktikan struktur atas masih aman. Dibawah ini merupakan **Tabel 7** yang berisi rekap dari perhitungan kapasitas penurunan elastis kelompok tiang.

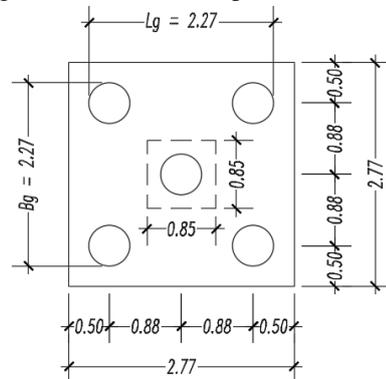
Tabel 7 Perhitungan Penurunan Kelompok Tiang Dan Kontrol

No	Tipe	q	I	N_{60}	Sg-e (mm)	Sg ijin (mm)	Sg-e < S ijin
1	PL1	89,37	0,85	15	8,18	150	OK!!!
2	P1	110,85	0,88	15	9,19		OK!!!

No	Tipe	q	I	N_{60}	Sg-e (mm)	Sg ijin (mm)	Sg-e < S ijin
3	P2	110,85	0,88	15	9,19		OK!!!
4	P3	123,74	0,86	15	8,44		OK!!!
5	P4	37,10	0,86	9	4,14		OK!!!
6	P4(A)	78,31	0,56	9	3,20		OK!!!
7	P4(B)	78,31	0,56	9	3,20		OK!!!
8	P5	110,85	0,88	15	9,19		OK!!!

Merencanakan Penulangan Pile Cap

Perhitungan pilecap Rumah Sakit Pelayanan Bhayangkara Kediri diwakili oleh fondasi tipe P1 pada Kolom *Basement 1* (KB1), dengan ukuran fondasi seperti berikut:



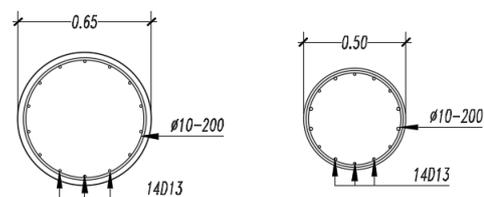
Gambar 2 Pilecap Fondasi Tipe P1

Merencanakan Penulangan Pile Cap

Dalam perencanaan pile cap dibutuhkan data sebagai berikut:

- Kuat tekan beton (f_c') = 29,05 mpa
- Tegangan leleh baja (f_y) = 350 mpa
- modulus elastisitas (E_s) = 200000 mpa
- M_u = 960621,263 Nmm
- P_u = 1108414,005 N
- Diameter tiang bor = 500 mm
- Selimut beton = 50 mm

Lalu dihitung penulangan bore pile, menentukan jarak sumbu netral c_b dan a_b , menghitung nilai A_s butuh, dan menghitung Kontrol didapatkan hasil penulangan menggunakan 14D13 untuk tulangan utama, sedangkan untuk tulangan spiral menggunakan $\phi 10-200$.



Gambar 3 Detail Penulangan Tiang Bor

Perhitungan Tulangan Sloof (Footing Tie Beam)

Untuk merencanakan sebuah tulangan sloof maka diperlukan data sebagai berikut:

- h sloof = 0,70 m
- b sloof = 0,40 m
- γ beton bertulang = 2400 kg/m³
- Mu Tumpuan = 8231,37 kgm
- Mu Lapangan = 4509,46 kgm
- Vu maksimum = 95399,81 kg
- Fy = 29,05
- F'c = 350
- d' = 0,05 m
- d efektif = 0,65 m

Perhitungan Penulangan Tumpuan

- Dipakai D29

$$Tul.pakai = \frac{4 \cdot 4810}{\pi \cdot 29^2} = \frac{4 \cdot 4810}{\pi \cdot 29^2} = 7,28 \rightarrow \text{dibulatkan} = 8 \text{ buah tulangan}$$

- Jadi penulangan menggunakan 8D29 untuk tulangan utama:

$$A_{s-Pakai} = \pi/4 D^2 \times \text{Jumlah} = \pi/4 \cdot 29^2 \cdot 8 = 5284,16 \text{ mm}^2$$

- Kontrol = $A_s < A_{s \text{ pakai}} = 4810 \text{ mm}^2 < 5284,16 \text{ mm}^2$ "OK"

Perhitungan Penulangan Lapangan

- Dipakai D29

$$Tul.pakai = \frac{4 \cdot 2600}{\pi \cdot 29^2} = \frac{4 \cdot 2600}{\pi \cdot 29^2} = 3,94 \rightarrow \text{dibulatkan} = 4 \text{ buah tulangan}$$

- Jadi penulangan menggunakan 8D29 untuk tulangan utama:

$$A_{s-Pakai} = \pi/4 D^2 \times \text{Jumlah} = \pi/4 \cdot 29^2 \cdot 4 = 2642,08 \text{ mm}^2$$

- Kontrol = $A_s < A_{s \text{ pakai}} = 2600 \text{ mm}^2 < 2642,09 \text{ mm}^2$ "OK"

Perhitungan Penulangan Geser

Penulangan Senggang akan digunakan Ø10mm

- Kontrol jarak begel :

$$S \leq 16 D_{tul-utama} = 16 \cdot 29 = 464 \text{ mm}$$

$$S \leq 48 D_{tul-senggang} = 48 \cdot 10 = 480 \text{ mm}$$

$$S \leq d/2 = 650/2 = 325$$

- Dipilih nilai terkecil dan dibulatkan kebawah yaitu $s = 325 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$, Jadi digunakan begel Ø10-300

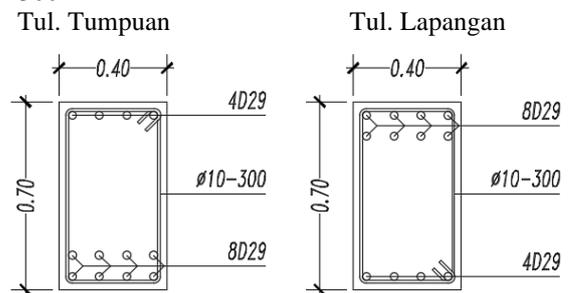
- Kontrol luas begel terpasang:

$$A_{v,u} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$A_v = \frac{2 \cdot 1/4 \cdot d^2 \cdot s}{s} = \frac{2 \cdot 1/4 \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 166,6 \text{ mm}^2$$

- Kontrol : $A_{v,u} \leq A_v$
 $157,08 \text{ mm}^2 \leq 166,6 \text{ mm}^2$ "Ok"

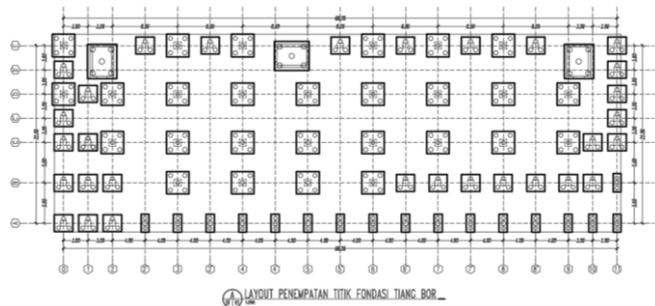
Jadi penulangan menggunakan 12D29 untuk tulangan utama, sedangkan untuk tulangan sengkang menggunakan $\phi 10-300$



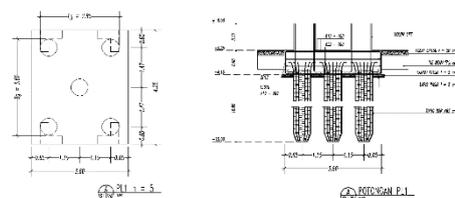
Gambar 4 Detail Penulangan Sloof Bagian Tumpuan dan Lapangan

Gambar Detail dan Penulangan Fondasi Tiang Bor

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan hasil perhitungan untuk dimensi tiang bor dan penulangan yang digunakan untuk tiang bor, dibawah ini adalah gambar detail dan penulangan untuk fondasi tiang bor. Diwakili contoh gambar Rencana PL1.



Gambar 5 Denah Rencana Modifikasi Fondasi Tiang Bor



Gambar 6 Detail dan Potongan PL1

PL1 merupakan tipe fondasi yang digunakan untuk lift dengan ukuran 4,25 x 3,60 meter, dengan $L_g = 2,95$ meter dan $B_g = 3,60$ meter.

Metode Pelaksanaan

Pada kasus Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri, fondasi tiang bor dipilih karena adanya bangunan eksisting yang tidak dibongkar sehingga alternatif terbaik adalah menggunakan fondasi tiang bor. Proses pelaksanaan pengeboran fondasi tiang bor menggunakan metode pipa selubung baja (*casing*) dikarenakan tanah pada lokasi proyek merupakan tanah pasir, pemberian bantuan berupa pipa selubung baja dapat mengurangi resiko kelongsoran tanah saat proses pengeboran dan pengecoran fondasi tiang bor.

Rencana Anggaran Biaya

Pemilihan metode pelaksanaan yang digunakan juga berpengaruh pada saat pelaksanaan perhitungan rencana anggaran biaya dari pekerjaan fondasi tiang bor dan *pile cap*. Dengan melihat Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi Daerah Kota Kediri pada tahun anggaran 2021 didapatkan hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk Modifikasi Fondasi Pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri adalah sebesar Rp 6.509.988.589,50 (*Enam Milyar Lima Ratus Sembilan Juta Sembilan Ratus Delapan Puluh Delapan Ribu Lima Ratus Delapan Puluh Sembilan Lima Rupiah*). Harga ini merupakan hasil dari modifikasi fondasi pada proyek tersebut dengan merubah fondasi menjadi tiang bor secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan mengenai perhitungan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan:

1. Nilai beban terbesar dibangunan yang digunakan untuk perhitungan tiang bor menggunakan beban ASD terbesar, yaitu pada bagian lift sebesar 940,749 ton sebagai acuan dalam perhitungan.
2. Fondasi pada kelompok tiang bagian lift, didapatkan nilai daya dukung tiang bor sebesar 948,787 ton dengan jumlah tiang bor sebanyak 5 buah tiang, penampang tiang bor berbentuk lingkaran berdiameter 0,65 meter dan panjang tiang bor 10,85 meter.
3. Penurunan terbesar yang terjadi sebesar 5,241 mm pada fondasi tipe P1, P2, dan P5 kurang dari nilai penurunan izin menurut SNI 8460-2017, sebesar kurang dari 15 cm

+ b/600 untuk bangunan tinggi. Dari ketiga perhitungan saat melakukan trial dan eror, akhirnya didapatkan pemodifikasian fondasi tiang bor pada diameter tiang bor, kedalaman tiang bor, serta jumlah tiang akan dirubah secara keseluruhan. Pemodifikasian tersebut menghasilkan diameter 0.65 meter dan 0.5 meter, kedalaman tiang 10.85 meter dan 4.85 meter, serta jumlah tiang sebanyak maksimal 5 buah tiang.

4. Metode pelaksanaan tiang bor menggunakan metode pipa selubung baja, dikarenakan kondisi tanah yang cenderung berpasir. Bor yang digunakan merupakan *drilling packet* menggunakan diameter 65 cm dan 50 cm.
5. Ditinjau dari segi biaya dengan kondisi struktur dan tanah yang sama, biaya yang harus dikeluarkan untuk kondisi eksisting Rp. 7.768.115.537,12 (tiang bor dan tiang pancang) dan biaya untuk modifikasi Rp 6.509.988.589,50 (tiang bor). Dimana biaya pelaksanaan untuk modifikasi fondasi lebih murah dibandingkan dengan kondisi eksisting.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baehaki, S. d. (2017). Evaluasi Simpangan Struktur Akibat Penambahan Lantai Dengan metode Analisis dan Dinamik Response Spectrum (Vol 5). Banten, Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [2] Christian Harsanto, F. J. (2015). ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG BOR (BORED PILE) PADA STRUKTUR PYLON JEMBATAN SOEKARNO DENGAN PLAXIS 3D (Vol 5). manado, Sulawesi Utara: Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil manado.
- [3] Halibu, E. Z. (2015). Perencanaan Fondasi Bored Pile dan metode Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof DR. V.L. Ratumbuang manado. manado: Politeknik Negeri manado.
- [4] Hardiyatmo, H. C. (n.d.). Teknik Fondasi 2 Edisi ke-4.
- [5] Novianto, D. (2019). Buku Ajar Rekayasa Fondasi. Politeknik Negeri malang.
- [6] Putra, A. P. (2020). Perencanaan Fondasi Tiang bor Pada Bangunan 12 Lantai Gedung Attic Showroom Surabaya. malang: Politeknik Negeri malang.
- [7] Ratnaningsih, D. (2012). modul Ajar mekanika Tanah 1. Politeknik Negeri malang.
- [8] Setiawan, A. (2016). Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013. Erlangga.
- [9] Solin, D. P. (n.d). modifikasi Dimensi Tiang bor pada Bangunan Hotel City malang. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Surabaya