

PERENCANAAN ULANG FONDASI TIANG BOR (*BORED PILE*) PEMBANGUNAN GUEST HOUSE EXINDO NGANJUK - MRK

Astri Andini Putri¹, Dandung Novianto², Akhmad Suryadi³

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: astriandiniputri4@gmail.com¹, dandung.novianto@polinema.ac.id², akhmad.suryadi@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan fasilitas penginapan di Kota Nganjuk, maka Kota Nganjuk menambah fasilitas berupa Guest House Exindo di Jalan Citarum III Perum Kauman Inside No. 57, Kauman, Nganjuk. Dengan latar belakang pembangunan Guest House Exindo dengan fokus terhadap perencanaan ulang struktur bawah (fondasi) dikarenakan lokasi pembangunan tersebut daerah padat penduduk dan ada bangunan bertingkat di samping proyek maka disini penulis akan mengambil skripsi dengan judul “Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Bor (*Bore Pile*) Pembangunan Guest House Exindo Nganjuk”. Perhitungan pembebanan struktur atas menggunakan *software Robot Structural Analysis Profesional 2020* dan mengacu pada SNI 2847 :2019. Dengan data yang lengkap seperti data pengambilan sampel tanah (Data SPT), gambar perencanaan hingga mengetahui kondisi existing, maka akan mempermudah dan mempercepat perhitungan perencanaan ulang fondasi tiang bor ini. Hasil dari analisis ini menunjukkan bahwa daya dukung kelompok tiang sebesar 2455,606 ton dan jumlah tiang 201 tiang, diameter tiang bor digunakan 40 cm dengan kedalaman 13 meter dan 8,5 meter. Penurunan tiang sudah memenuhi yaitu 11,55 mm, penurunan izin sebesar 15 mm, sedangkan biaya pekerjaan fondasi dan *pile cap* sebesar Rp. 10.006.690.645,00.

Kata kunci : N-SPT; daya dukung; penurunan fondasi; metode pelaksanaan; RAB

ABSTRACT

Guest House Exindo build the hostelry building in Nganjuk, located at Citarum III Street, Kauman Housing Inside, No. 57, Kauman, Nganjuk. This building is builtas Guest House Exindo focusing on the redesign of bottom structure (foundation) because location in the project densently populated area and there are high rise building. Therefore, the thesis is Re-Design of Bore Pile at Guest House Exindo Project in Nganjuk. The load calculation of upper structure using software Robot Structural Analysis Profesional 2020 and refers to SNI 2847 :2019. The completed data are land sampling (SPT), the design of drawing, and existing condition then will simplify and speed up the calculation of the re-design of bore pile The result of the analysis show that the bearing capacity of the group pile was 2455,606 ton with total piles is 201 pile, the diameter of bore pile using 40 cm with deepth is 13 meter and 8,5 meter. The size of both piles have completed the regulation with states 11,55 mm no more than 15 mm. the cost estimate of the bore pile foundation and pile cap work is Rp. 10.006.690.645,00.

Keywords : N-SPT; bearing capacity; foundation settlement; impementation method; cost estimate

1. PENDAHULUAN

Fondasi dalam diartikan sebagai fondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam. Hardiyatmo, H.C. (2002:79). Jenis fondasi dalam terbagi menjadi dua, yaitu fondasi tiang pancang dan fondasi tiang bor (*bored pile*). Fondasi Tiang Bor (*bored pile*) merupakan fondasi dalam yang dipasang dengan cara

mengebor tanah terlebih dahulu sampai kedalaman tertentu, kemudian baja tulangan dimasukkan kedalam lubang bor dan diisi atau dicor dengan beton.

Guest House Exindo merupakan salah satunya tempat penginapan yang ada di Nganjuk dengan total 9 lantai. Guest House Exindo beralamat di Jalan Citarum III Perum Kauman Inside No. 57, Kauman, Kec. Nganjuk, Kab. Nganjuk, Jawa Timur. Pada keadaan asli bangunan Guest House Exindo ini

menggunakan fondasi tiang pancang. Disini penulis akan mencoba merencanakan ulang dengan metode fondasi tiang bor (*bore pile*) secara menyeluruh dengan segi aman, kuat dan efisien. Pemilihan fondasi tiang bor (*bore pile*) sendiri dikarenakan daerah sekitar sudah berdiri bangunan Rumah Lantai 3 dan pemukiman warga sekitar. Pemilihan menggunakan fondasi tiang bor (*bore pile*) didasari karena metode pelaksanaan dari segi suara dan debu yang ramah lingkungan.

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian adalah :

1. Mengetahui pembebanan struktur atas pada Guest House Exindo Nganjuk.
2. Mengetahui daya dukung pada fondasi tiang bor (*bore pile*) pada Guest House Exindo Nganjuk.
3. Mengetahui dimensi fondasi tiang bor (*bore pile*) pada Guest House Exindo Nganjuk.
4. Mengetahui penurunan fondasi tiang bor (*bore pile*) pada Guest House Exindo Nganjuk.
5. Mengetahui metode pelaksanaan fondasi tiang bor (*bore pile*) pada Guest House Exindo Nganjuk.
6. Mengetahui biaya fondasi tiang bor (*bore pile*) pada Guest House Exindo Nganjuk.

2. METODE

Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang Tunggal

Daya dukung (*bearing capacity*) adalah kemampuan tanah di bawah dan sekitar fondasi untuk menahan beban yang bekerja dari struktur di atasnya.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

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

Dimana :

Q_u = daya dukung tiang ultimit

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung gesekan selimut tiang

Q_{all} = daya dukung tiang ijin

SF = faktor keamanan

Kapasitas Daya Dukung Bore Pile

Kapasitas dukung fondasi tiang bor dapat dihitung berdasarkan data tanah dari pengujian tanah di lapangan, pengujian tanah yang biasa dilakukan di lapangan yaitu pengujian *Standard Penetration Test (SPT)*. Berdasarkan hasil pengujian SPT kapasitas dukung tiang bor dapat dihitung menggunakan metode Mayerhof. Kapasitas dukung ultimit tiang bor (Q_u) menurut metode Mayerhof dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$Q_s = f_s \times P \times L$$

dimana :

Q_p = Kapasitas dukung ultimit ujung tiang (ton)

Q_s = Tahanan gesek selimut tiang (ton)

A_b = luas penampang tiang bor (m^2)

P = Keliling tiang (m)

L = Kedalaman tiang bor (m)

Penentuan Jumlah Tiang Pada Kelompok

Jumlah tiang fondasi yang dibutuhkan pada setiap kolom dapat dihitung berdasarkan beban yang bekerja pada fondasi dan kapasitas dukung ijin :

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

dimana :

n = jumlah tiang

Q_v = beban vertikal yang bekerja

Q_{all} = kapasitas dukung ijin

Efisiensi Kelompok Tiang

$$E_g = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang tunggal}}$$

Beberapa persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut :

- a. Metode Converse-Labarre Formula

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

Dimana :

E_g = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tan d/s dalam derajat

m = jumlah baris tiang

n' = jumlah tiang dalam 1 baris

d = diameter tiang (m)

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

Kapasitas daya dukung ultimit kelompok tiang dihitung menggunakan rumus berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

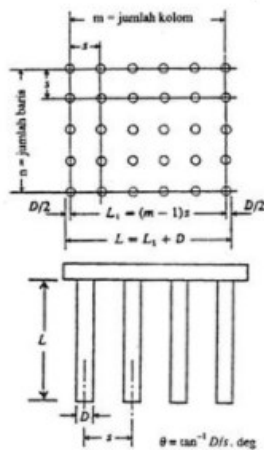
Dimana :

Q_g = kapasitas daya dukung ultimit pada kelompok tiang

E_g = efisiensi kelompok pada tiang

Q_u = kapasitas daya dukung tiang ultimit

n = jumlah tiang dalam kelompok



Gambar 1. Efisiensi Kelompok Tiang

Distribusi Beban Pada Tiang

Jika beban luar bekerja pada kelompok tiang adalah beban vertical secara sentries, maka beban yang bekerja pada setiap tiang adalah :

$$Q_p = \frac{Q_v}{n} + \frac{M_{yx}}{\sum(x^2)} + \frac{M_{xy}}{\sum(y^2)}$$

Dimana :

- n = jumlah tiang dalam kelompok tiang
- Q_p = beban tiang tunggal
- Q_v = beban total vertical
- M_{yx} = momen yx
- M_{xy} = momen xy
- x = jarak antar tiang sumbu x
- y = jarak antar tiang sumbu y

Penurunan Fondasi

Ketebalan minimum dari sebuah *pile cap* ditentukan sebesar 300 mm sesuai dengan SNI 2847:2013. Berikut langkah untuk menentukan penulangan *pile cap*.

1. Hitung beban terfaktor yang dipikul oleh setiap tiang
V_u = Q_u
2. Periksa pada geser dua arah
 - a. Geser dua arah di sekitar kolom
 $b_0 = 2(c_1 + d_1) + 2(c_2 + d_2)$
 nilai kuat geser dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara :
 $V_{c1} = 0,17 \left(\frac{1+2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$
 $V_{c2} = 0,083 \left(\frac{as.d}{b_0} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$
 $V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$
 - b. Geser dua arah disekitar tiang bor (*bore pile*)
 $b_0 = 2(450 + c/2 + d/2)$
 nilai kuat geser dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara :

$$V_{c1} = 0,17 \left(\frac{1+2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{as.d}{b_0} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$$

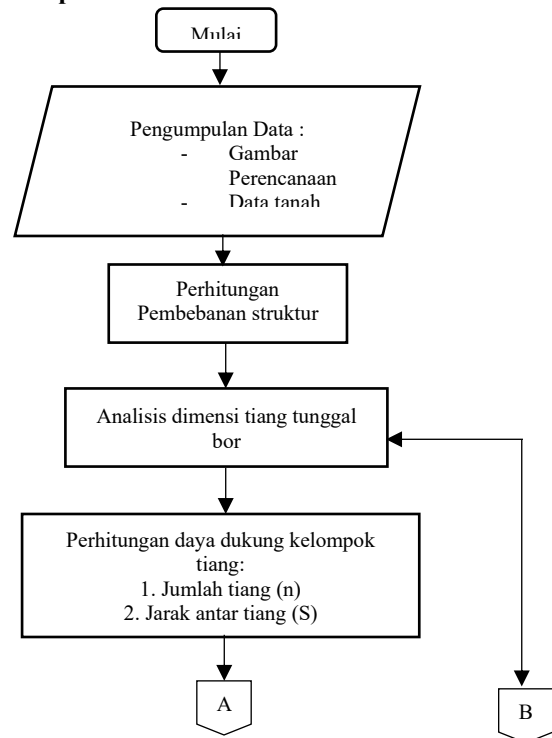
$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} b_0 d$$

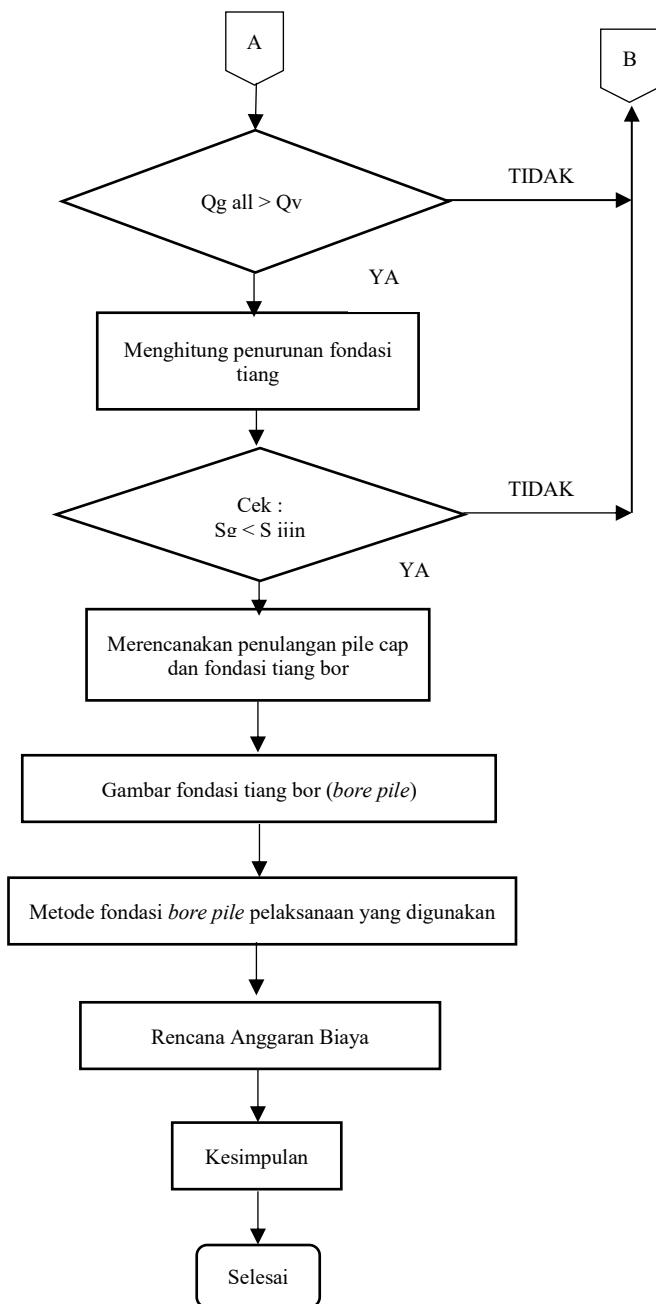
Metode Pelaksanaan

Tahapan metode pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang bor (*bore pile*) adalah sebagai berikut :

1. Persiapan lokasi pekerjaan
 - a. Pembersihan Lahan
 - b. Pengukuran dan Bouwplank
 - c. Mobilisasi dan Demobilisasi
2. Pekerjaan Fondasi Tiang Bor (*Bore Pile*)
 - a. Pengeboran
 - b. Pemasangan *Casing*
 - c. Pekerjaan Pembesian *Bore Pile* (Tulangan)
 - d. Pengecoran
 - e. Pembukaan *Casing*
3. Pekerjaan *Pile Cap*
 - a. Galian Tanah *Pile Cap*
 - b. Urugan Pasir
 - c. Pengecoran Lantai Kerja
 - d. Pekerjaan Bekisting
 - e. Pekerjaan Pembesian *Pile Cap* (Penulangan)
 - f. Pengecoran *Pile Cap*
 - g. Urugan Tanah

Tahapan Pelaksanaan Penelitian



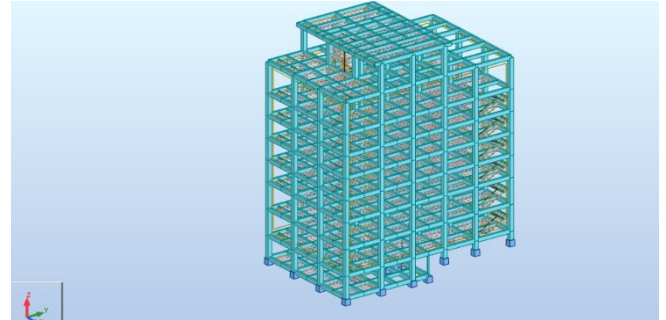


Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Bor (*Bore Pile*) Pembangunan Guest House Exindo Nganjuk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dan pembahasan ini dilakukan untuk semua tujuan yang telah ditetapkan pada tujuan penelitian.

Pemodelan Struktur Bangunan Menggunakan Robot Structural Analysis (RSAP) 2020



Gambar 3. Perspektif Struktur Bangunan 3 Dimensi

Data Struktur Rangka Atap Dak Beton

Berikut pembebanan struktur rangka atap untuk perhitungan *Guest House Exindo 57* Nganjuk :

a. Beban Mati

- γ beton bertulang = 2400 kg/m³
- γ spesi = 21 kg/m²
- Mutu beton (f_c') = 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) = BJ-37
- Sudut kemiringan atap (α) = 30°
- Beban hidup atap = 100 kg
- Jarak antar gording = 1 m
- Jarak antar rangka kuda-kuda = 4 m
- Penutup atap = 5,85 kg/m²
- Beban plafond + penggantung = 16 kg/m²
- Tebal pelat = 0,12 m

Total beban :

- γ spesi = 21 kg/m²
- Berat plafond + penggantung = 16 kg/m²
- Tebal pelat x γ beton bertulang = 288 kg/m²
- Total = 325kg/m²

b. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan untuk lantai atap *guest house exindo 57* nganjuk adalah 100 kg/m².

Data Struktur Plat Lantai

Berikut pembebanan struktur pelat lantai untuk perhitungan *Guest House Exindo 57* Nganjuk :

a. Beban Mati

- γ beton bertulang = 2400 kg/m³
- γ spesi = 21 kg/m²
- Mutu beton (f_c') = 35 Mpa

- Mutu baja (fy) = BJ-37
- Beban keramik = 24 kg/m²
- Beban spesi tebal 2 cm = 21 kg/m²
- Beban ME plumbing = 20 kg/m²
- Beban peralatan medis = 600 kg/m²
- Beban hidup tangga = 500 kg/m²
- Beban hidup kampus = 250 kg/m²
- Beban hidup koridor = 400 kg/m²
- Beban dinding bata = 250 kg/m
- Beban dinding beton = 1900 kg/m
- Beban air kolam tinggi 1.70 m = 1700 kg/m²
- Beban plafond + penggantung = 16 kg/m²
- Tebal pelat = 0,12 m

Total beban :

- γ spesi = 21 kg/m²
- Berat plafond + penggantung = 16 kg/m²
- Tebal pelat x γ beton bertulang = 288 kg/m²
- Beban keramik = 24 kg/m²
- Beban ME plumbing = 20 kg/m²
- Total = 369 kg/m²

b. Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan untuk lantai atap *guest house exindo 57* nganjuk adalah 250 kg/m².

Data Pembebanan Balok

Berikut pembebanan balok untuk perhitungan *Guest House Exindo 57* Nganjuk :

- γ beton bertulang = 2400 kg/m³
- γ spesi = 21 kg/m²
- Mutu beton (fc') = 35 Mpa
- Mutu baja (fy) = BJ-37
- Beban keramik = 24 kg/m²
- Beban spesi tebal 2 cm = 21 kg/m²
- Beban ME plumbing = 20 kg/m²
- Beban hidup tangga = 500 kg/m²
- Beban hidup koridor = 400 kg/m²
- Beban dinding beton = 1900 kg/m
- Bata Ringan = 60 kg/m²
- Beban plafond + penggantung = 16 kg/m²
- Tebal pelat = 0,12 m
- Selimut beton = 0,05 m
- Tinggi dinding = 4,5 m
- Plester = 17 kg/m²
- Acian = 2 kg/m²

Total beban :

- Bata ringan (60 x 4,5) = 270 kg/m
- Plester (17 x 4,5) = 76,5 kg/m
- Acian (2 x 4,5) = 9 kg/m
- Total = 355,5 kg/m

Analisis Perhitungan Tiang Bor

Tabel 1. Penentuan Dimensi Tiang Bor

Tipe	Diameter Tiang (m)	Ap (m ²)	Keliling (m)	Kedalaman (m)
PL 1	0,40	0,13	1,26	8,50
PL 2	0,40	0,13	1,26	13,00
P 1	0,40	0,13	1,26	8,50
P 2	0,40	0,13	1,26	13,00

Tabel 2. Daya Dukung Tiang Tunggal

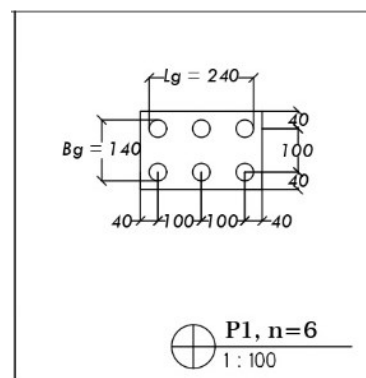
Tipe	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Q all (ton)
PL1	281,99	26,99	308,98	102,99
PL 2	281,99	41,27	323,26	107,75
P 1	281,99	26,99	308,98	102,99
P 2	281,99	41,27	323,26	107,75

Penentuan Jumlah Tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang dibutuhkan dalam setiap kolom dihitung dengan beban yang bekerja pada fondasi dan kapasitas dukung ijin seperti **Tabel 3.**

Tabel 3. Penentuan Jumlah Tiang

Tipe	Qv (ton)	Q all (ton)	n	Pembulatan dari n
PL 1	2399,58	102,99	23,30	24
PL 2	1202,95	107,75	11,16	12
P 1	519,83	102,99	5,05	6
P 2	900,00	107,75	8,35	9



Gambar 4. Jumlah Tiang P 1

Daya Dukung Kelompok Tiang

Tabel 4. Efisiensi Kelompok Tiang

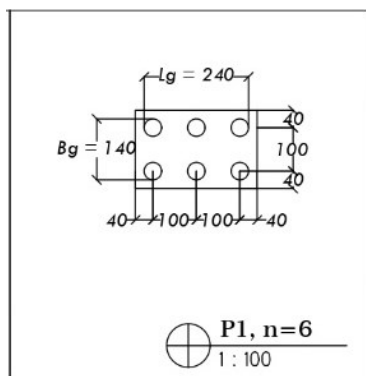
Tipe	S tiang			
	bor (2,5*D)	ø	n'	m
PL1	1,00	0,38	4,00	5,00
PL2	1,00	0,38	3,00	4,00
P1	1,00	0,38	2,00	3,00
P2	1,00	0,38	3,00	3,00
$(n'-1)m + (m-1)n'$		90mn'	Eg	
31,00		1800,00	0,99	
17,00		1080,00	0,99	
7,00		540,00	1,00	
12,00		810,00	0,99	

Tabel 5. Kapasitas Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang

Tipe	Q all	Eg	n	Qg all'	Qv	$\frac{Qg}{all'} > \frac{Qv}{Qg}$
PL1	102,99	0,99	24	2455,61	2399,58	OK
PL2	107,75	0,99	12	1285,30	1202,95	OK
P1	102,99	1,00	6	614,90	519,83	OK
P2	107,75	0,99	9	964,32	900,00	OK

Tabel 6. Distribusi Beban Pada Tiang

Tipe	Qv	n	Qp
PL1	2399,58	24	99,98
PL2	1202,95	12	100,25
P1	519,83	6	86,64
P2	900,00	9	100,00



Gambar 5. Koordinat Pendistribusian Tiang P 1

Tabel 7. Penurunan Kelompok Tiang

Tipe	q	I	N60	Sg-e (mm)	Sg ijin	Sg-e < S ijin
PL1	133,75	0,80	14	13,42	15	OK
PL2	157,51	0,82	14	13,64		OK
P1	183,01	0,79	14	11,56		OK
P2	167,42	0,88	14	13,70		OK

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Perhitungan beban struktur atas dilakukan dengan menggunakan *Software Robot Structural Analysis Profesional 2020* dengan meninjau beban portal 9 lantai dan dipilih beban terbesar pada beban kombinasinya yaitu :
 - Dari kombinasi ASD (*Allowable Stress Design*) sebesar 2399,581 ton untuk merencanakan fondasi.
 - Dari kombinasi LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) sebesar 674,689 ton untuk merencanakan *pile cap*.
- Perhitungan daya dukung fondasi tiang bor dihitung berdasarkan data tanah yaitu SPT dengan menggunakan rumus *Mayerhoff 1967*, didapatkan :
 - Daya dukung kelompok tiang (Qg) didapat sebesar 2455,61 ton di fondasi bagian lift.
 - Daya dukung tiang tunggal (Qu) sebesar 323,26 ton.
 - Daya dukung ijin tiang (Qall) sebesar 107,75 ton.
 Perhitungan penurunan fondasi tiang bor dihitung berdasarkan penurunan elastik didapatkan sebesar 11,56 mm.
- Perhitungan dimensi tiang dan jumlah tiang fondasi berdasarkan cara *trial and error* dengan memperhitungkan daya dukung fondasi tersebut didapat :
Dimensi fondasi tiang bor berdiameter 40 cm dengan panjang tiang 13 meter untuk area lantai 1 dan 8,5 meter untuk area basement dengan diameter sama. Didapat jumlah tiang untuk lantai 1 di fondasi lift sebanyak 24 tiang sedangkan untuk kolom sebanyak 6 tiang, untuk area basement didapat 12 tiang untuk fondasi lift dan 9 tiang untuk fondasi kolom.
- Perhitungan dimensi dan penulangan pile cap dengan menggunakan beban terbesar pada beban kombinasi LRFD, dan didapat :

- a. Ukuran pile cap menggunakan ukuran 3 x 3 m untuk semua kolom, tulangan yang digunakan D19 untuk area lift dan D22 untuk area kolom.
 - b. Tulangan yang digunakan pada fondasi tiang bor didapat tulangan 13 D 19.
5. Metode pelaksanaan fondasi tiang bor meliputi pekerjaan persiapan dengan dibantu oleh alat berat untuk pekerjaan tiang bor menggunakan alat berat yaitu *bore pile machine* dan penggunaan casing.
 6. Berdasarkan perhitungan biaya didapatkan rencana anggaran biaya pekerjaan fondasi tiang bor sebesar RP. 10.006.690.645,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zainuddin, Ahmad Amril 2020, Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Menggunakan Fondasi Tiang Bor (Bore Pile) Pada Gedung Zest Hotel Ambon
- [2] Fadila, Nur Afni 2020, Studi Perencanaan Fondasi Bor (Bored pile) Pada Gedung Apartemen Begawan Malang
- [3] Subekti, Rizki Tri 2021, Perencanaan Ulang Struktur Bawah Menggunakan Fondasi Bored pile Type Franky Pile Pada Pembangunan Gedung Paviliun Rsud Simpang Lima Gumul Kabupaten Kediri
- [4] Nayu, Melati Nurani 2011, Makalah Pondasi Dalam
- [5] Hardiyatmo, Hary Christady 2018, Teknik Fondasi 2 Edisi ke – 4
- [6] Das, Braja M 2016. Principles of Foundation Engineering, 8th. Boston. Cengage Learning
- [7] Rustiani, Siska 2018, Daya Dukung Pondasi Tiang Bor dalam Tanah Berpasir dan Lanau