

Redesign Struktur Bawah Apartemen 17 Lantai Jakarta Timur Menggunakan Fondasi Bore Pile

Saihfudin¹, Era Agita Kabdiyono²

Universitas Dian Nusantara, Indonesia

Email: saihfudin2@gmail.com, era.agita.k@undira.ac.id

ABSTRAK

Redesign struktur bawah Apartemen 17 lantai di Jakarta Timur menggunakan fondasi bore pile bertujuan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung serta memastikan kestabilan struktur terhadap beban yang bekerja. Perhitungan daya dukung fondasi dilakukan berdasarkan data uji Standard Penetration Test (SPT) dengan metode Ressee & Wright pada tanah non kohesif. Hasil analisis menunjukkan bahwa fondasi bore pile tipe BP1 dengan diameter 1 meter dan panjang 17 meter memiliki kapasitas daya dukung sebesar 366,199 ton, sedangkan tipe BP2 dengan diameter yang sama dan panjang 15 meter memiliki kapasitas sebesar 300,35 ton. Analisis penurunan kelompok tiang menggunakan metode semi empiris menghasilkan nilai penurunan sebesar 7,73 cm untuk BP1 dan 5,66 cm untuk BP2, yang masih berada dalam batas toleransi sesuai SNI 8460:2017. Penulangan bore pile dirancang menggunakan tulangan longitudinal 17 D25 dan tulangan geser D16-60. Pada pilecap, berdasarkan SNI 2847:2019, tipe PC1 memiliki dimensi 4,5 × 4,5 meter dengan ketebalan 1,7 meter, sedangkan tipe PC2 memiliki ketebalan 1,5 meter dengan dimensi yang sama. Redesign ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi struktur bawah serta memenuhi persyaratan teknis dan keamanan bangunan. Disarankan untuk dilakukan analisis lebih lanjut dengan mempertimbangkan metode lain serta data tanah tambahan guna memperoleh hasil yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi lapangan.

Kata kunci: redesign struktur, fondasi bore pile, daya dukung, penurunan fondasi, pilecap.

PENDAHULUAN

Pesatnya kemajuan Jakarta sebagai kota metropolitan telah membawa dampak positif dan negatif, salah satunya adalah meningkatnya urbanisasi yang menyebabkan permasalahan keterbatasan lahan untuk tempat tinggal (Amalia & Anita, 2022; Lesmana, 2021; Michele & Pangestu, 2023). Berbagai jenis hunian, termasuk hotel, perumahan, rumah susun, dan apartemen, telah banyak terbangun untuk mengakomodasi kebutuhan tempat tinggal penduduk Jakarta. Di antara jenis hunian tersebut, apartemen menjadi pilihan utama bagi masyarakat yang menetap di kota besar. Apartemen tidak hanya menawarkan kenyamanan dan lokasi yang strategis, tetapi juga memberikan berbagai fasilitas pendukung, seperti fasilitas kesehatan, yang menjadikannya pilihan ekonomis dan praktis bagi penduduk kota besar (Az-Zahroh & Mila Ardiani, 2021; Dessiani et al., 2019; Scheuer et al., 2021; Susanto et al., 2018).

Apartemen sebagai bangunan bertingkat (high rise building) membutuhkan perencanaan struktur yang matang, terutama pada bagian fondasi, yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur ke dalam tanah (Ash Shubki & Khatulistiani, 2019; Mahaendra et al., 2015; Mahendra

et al., 2023; Muharam et al., 2017; Prasetyo et al., 2017; Puspa & Machmoed, 2023). Salah satu jenis fondasi yang banyak digunakan untuk bangunan tinggi di area perkotaan dengan keterbatasan lahan adalah fondasi bore pile. Fondasi bore pile memiliki keunggulan dalam mengatasi tantangan yang dihadapi di daerah dengan tanah yang kurang stabil atau berair, serta memiliki ruang terbatas (Ridho Utama et al., 2022; Sopiyo et al., 2023; Sya'bani et al., 2023; Wulan, 2022).

Secara global, kebutuhan terhadap bangunan bertingkat tinggi semakin meningkat, terutama di kota-kota besar seperti Jakarta yang memiliki keterbatasan lahan. Dalam konteks ini, fondasi bore pile telah terbukti menjadi solusi efektif untuk mendukung bangunan tinggi di daerah perkotaan. Berbagai negara dengan kepadatan penduduk tinggi, seperti Jepang dan Singapura, telah lama menggunakan fondasi bore pile untuk konstruksi bangunan bertingkat (Alvin Prasetya Nugroho¹ & Anto Budi Listyawan², 2023; Darussalam et al., 2023; Mandak, 2016). Di Jakarta, tantangan utama dalam pembangunan apartemen adalah keterbatasan ruang dan kualitas tanah yang bervariasi, sehingga fondasi bore pile menjadi pilihan yang tepat.

Penelitian sebelumnya tentang fondasi bore pile umumnya lebih banyak mengkaji penerapannya pada bangunan komersial dan gedung bertingkat di daerah dengan lahan luas. Namun, penelitian yang berfokus pada penerapan fondasi bore pile di Jakarta Timur untuk apartemen 17 lantai, dengan kondisi tanah perkotaan yang unik dan terbatas, masih sangat jarang dilakukan. Penelitian ini sangat relevan mengingat Jakarta terus berkembang pesat dan kebutuhan akan hunian vertikal semakin tinggi, sehingga penting untuk mengeksplorasi penerapan teknik fondasi yang efektif dan efisien untuk mengatasi tantangan tersebut.

Penelitian ini memiliki keunikan karena meneliti penerapan fondasi bore pile pada proyek apartemen bertingkat di Jakarta Timur, dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dan keterbatasan ruang yang lebih spesifik. Selain itu, penelitian ini juga memberikan solusi praktis bagi pengembang dan kontraktor dalam memilih jenis fondasi yang sesuai dengan kondisi tanah dan kebutuhan struktur bangunan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang fondasi bore pile yang aman, efisien, dan sesuai dengan standar perencanaan di Jakarta Timur, serta untuk memberikan gambaran tentang bagaimana fondasi bore pile dapat mengatasi tantangan dalam pembangunan apartemen bertingkat di area perkotaan dengan keterbatasan lahan.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya dalam hal perencanaan fondasi untuk bangunan bertingkat di daerah perkotaan yang terbatas ruang. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pengembang, kontraktor, dan insinyur sipil dalam merencanakan fondasi yang tepat untuk proyek apartemen bertingkat, serta dapat memberikan solusi bagi pembangunan hunian vertikal di Jakarta. Implikasi dari penelitian ini juga dapat memperluas pemahaman terkait penerapan teknik fondasi yang efisien dan ramah lingkungan dalam konteks pembangunan di kota-kota besar.

METODE PENELITIAN

Menurut Mardalis (2009:24), metode adalah cara atau teknik yang digunakan dalam proses penelitian. Penelitian sendiri merupakan upaya dalam bidang ilmu pengetahuan untuk memperoleh fakta dan prinsip secara sabar, hati-hati, dan sistematis guna menemukan kebenaran. Dalam konteks ini, metode perancangan digunakan sebagai langkah-langkah

sistematis untuk memudahkan pengembangan ide rancangan agar target mutu, waktu, dan biaya dapat tercapai.

Perancangan fondasi bore pile pada Apartemen 17 Lantai di Jakarta Timur mencakup tahapan-tahapan seperti perhitungan pembebanan, dimensi dan kedalaman fondasi, daya dukung tiang, jumlah tiang, efisiensi dan daya dukung kelompok tiang, penurunan fondasi, serta daya dukung dan defleksi akibat beban lateral. Selain itu, dilakukan juga perencanaan penulangan fondasi, pilecap, serta perhitungan kebutuhan tiang untuk pengujian statis dan dinamis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Primer

Data primer pada penelitian ini adalah data struktur atas Apartemen 17 Lantai di Jakarta Timur. Data ini akan dianalisis menggunakan perangkat lunak ETABS untuk memperoleh pembebanan aksial dan lateral. Apartemen tersebut memiliki luas bangunan 960 m², tinggi 67 meter, dan terdiri dari 17 lantai.

Material yang digunakan dalam struktur mencakup mutu beton fondasi sebesar $f_c' 30$ MPa, mutu beton balok dan kolom K400, serta baja tulangan dengan kekuatan $f_y 420$ MPa. Modulus elastisitas beton dihitung menggunakan rumus $4700\sqrt{f_c'}$, menghasilkan nilai sekitar 27.081 MPa. Dimensi elemen struktur meliputi kolom 80×80 cm, balok utama 40×70 cm, balok anak 40×50 cm, dan pelat lantai setebal 15 cm.

Untuk data pembebanan, struktur atas dirancang berdasarkan spesifikasi elevasi dan fungsi tiap lantai dari gedung apartemen. Penentuan beban rencana mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983) serta SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lainnya.

Tabel 1. Data Spesifikasi dan Fungsi Struktur Atas

No	Nama Lantai	Elevasi (m)	Fungsi
1	Lantai 1	4,5	Resto/Cafe, Pertokoan, Tempat Rekreasi
2	Lantai 2	9	Resto/Cafe, Pertokoan, Tempat Rekreasi
3	Lantai 3	13,5	Resto/Cafe, Pertokoan, Tempat Rekreasi
4	Lantai 4	18	Resto/Cafe, Pertokoan, Tempat Rekreasi
5	Lantai 5	22,5	Resto/Cafe, Pertokoan, Tempat Rekreasi
6	Lantai 6	26,5	Rumah Sakit/Fasilitas Kesehatan, Perkantoran
7	Lantai 7	30,5	Rumah Sakit/Fasilitas Kesehatan, Perkantoran
8	Lantai 8	34,5	Rumah Sakit/Fasilitas Kesehatan, Perkantoran
9	Lantai 9	38,5	Rumah Sakit/Fasilitas Kesehatan, Perkantoran
10	Lantai 10	42,5	Rumah Sakit/Fasilitas Kesehatan, Perkantoran
11	Lantai 11	46	Tempat Tinggal
12	Lantai 12	49,5	Tempat Tinggal
13	Lantai 13	53	Tempat Tinggal
14	Lantai 14	56,5	Tempat Tinggal
15	Lantai 15	60	Tempat Tinggal
16	Lantai 16	63,5	Tempat Tinggal
17	Lantai 17	67	Tempat Tinggal

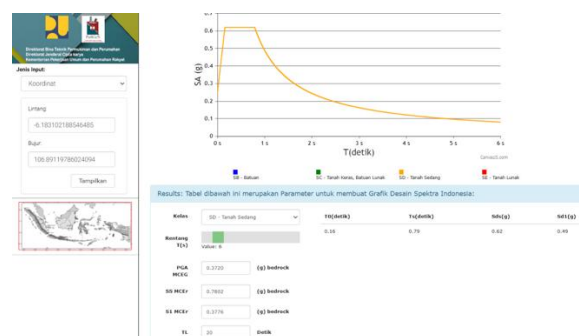
Tabel 2. Data Beban Hidup Struktur Atas

No	Nama Lantai	Beban Mati (kg/m ²)	Beban Hidup (kg/m ²)
1	Lantai 1	316	488
2	Lantai 2	316	488
3	Lantai 3	316	488
4	Lantai 4	316	488
5	Lantai 5	316	488
6	Lantai 6	316	293
7	Lantai 7	316	293
8	Lantai 8	316	293
9	Lantai 9	316	293
10	Lantai 10	316	293
11	Lantai 11	316	196
12	Lantai 12	316	196
13	Lantai 13	316	196
14	Lantai 14	316	196
15	Lantai 15	316	196
16	Lantai 16	316	196
17	Lantai 17	316	196

1. Beban Gempa

Perencanaan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Faktor-faktor yang diperhatikan meliputi kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa, klasifikasi situs, dan parameter percepatan gempa. Bangunan apartemen termasuk dalam kategori risiko II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.

Berdasarkan data N-SPT, tanah pada lokasi studi diklasifikasikan sebagai tanah sedang (SD) dengan nilai N rata-rata sebesar 19. Parameter percepatan gempa diperoleh dari SNI dan sumber tambahan melalui Website Cipta Karya PUPR dengan memasukkan koordinat lokasi Apartemen 17 Lantai di Jakarta Timur (-6.1831021, 106.891197).

**Gambar 1. Spektrum Respon Desain**

Sumber: Website Cipta Karya PUPR

Tabel 3. Data Desain Seismik

Percepatan batuan dasar periode pendek	S_s	= 0,7802
Percepatan batuan dasar periode 1 detik	S_1	= 0,3776

Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek	S_{ds}	= 0,62
Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik	S_{d1}	= 0,49
	T_0	= 0,16
	T_s	= 0,79

a. Kategori Desain Seismik

Berdasarkan Desain Seismik percepatan pada periode pendek ($S_{ds}=0,62$), Desain sesimik percepatan pada perioda 1 detik ($S_{d1}=0,49$) dan Kategori Risiko II, maka kategori desain seismik dilokasi penelitian masuk kedalam kategori risiko.

b. Faktor R , Ω_0 , dan C_d Dalam Desain Sistem Penahan Gaya Gempa

Pemodelan struktur atas pada penelitian ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan mempertimbangkan kategori resiko desain seismik maka nilai $R = 8$; $\Omega_0 = 3$; $C_d = 5 \frac{1}{2}$

2. Kombinasi Pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan struktur atas, digunakan kombinasi beban berupa beban mati berat sendiri (Dead Load), beban mati tambahan (Superdead Load), beban hidup (Live Load), dan beban gempa rencana (Quake Load). Kombinasi pembebanan ini diterapkan pada pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS. Kombinasi yang digunakan mencakup kondisi beban statis dan dinamis sesuai SNI, seperti kombinasi antara beban mati, beban hidup, serta gaya gempa dalam arah-x dan arah-y dengan variasi penambahan dan pengurangan faktor. Total terdapat 18 kombinasi pembebanan yang mempertimbangkan berbagai skenario arah gempa untuk memastikan kekuatan dan kestabilan struktur.

3. Pengecekan Syarat Struktur

Pada analisis struktur atas dilakukan pengecekan terlebih dahulu sebagai kontrol dari persyaratan struktur berdasarkan SNI 1726-2019, berikut kontrol analisis struktur atas yang dilakukan dalam perencanaan fondasi ini.

a. Partisipasi massa

Pengecekan jumlah ragam menurut SNI 1726-2019 disyaratkan tercapai $> 90\%$, berikut hasil analisis *software* Etabs.

Tabel 4. Modal Participating Mass Ratio

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	1	1,75	0,000	0,791	0,0003%	79,13%
Modal	2	1,749	0,752	0,000	75,20%	79,13%
Modal	3	1,646	0,063	0,000	81,52%	79,13%
Modal	4	0,582	0,090	0,000	90,51%	79,13%
Modal	5	0,573	0,000	0,114	90,51%	90,57%
Modal	6	0,517	0,001	0,000	90,64%	90,57%
Modal	7	0,332	0,035	0,000	94,19%	90,57%
Modal	8	0,313	0,000	0,037	94,19%	94,30%
Modal	9	0,287	0,000	0,000	94,19%	94,30%
Modal	10	0,228	0,020	0,000	96,17%	94,30%

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	11	0,214	0,000	0,020	96,17%	96,33%
Modal	12	0,2	0,000	0,000	96,17%	96,33%
Modal	13	0,172	0,010	0,000	97,21%	96,33%
Modal	14	0,16	0,000	0,010	97,21%	97,35%
Modal	15	0,149	0,000	0,000	97,21%	97,35%
Modal	16	0,135	0,008	0,000	98,01%	97,35%
Modal	17	0,126	0,000	0,008	98,01%	98,14%
Modal	18	0,118	0,000	0,000	98,01%	98,14%
Modal	19	0,095	0,017	0,000	99,66%	98,14%
Modal	20	0,09	0,000	0,016	99,66%	99,71%

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa pada modal ke 20 partisipasi massa sudah mencapai 99%, sehingga jumlah partisipasi massa sudah memenuhi syarat.

b. Perbandingan geser statik dan dinamik

Gaya geser dasar harus dihitung untuk dikedua arah X dan arah Y sesuai dengan tiap gerak tanah yang dianalisis. Menurut SNI 1726-2019 faktor skala gaya geser dasar untuk tiap arah respon harus ditentukan sebesar $\geq 1,0$.

Tabel 5. Base Reaction

Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf
SX	LinStatic		-1488,75	0
SY	LinStatic		0	-1487,8
DX	LinRespSpec	Max	1488,976	0,0336
DY	LinRespSpec	Max	0,0334	1488,868

Tabel 6. Perbandingan Gaya Geser Dasar

Base Shear	Gaya Geser Dinamik	100% Gaya Geser Statik	Kontrol Vd > 100% Vs
X	1488,98	1488,75	OK
Y	1488,87	1487,8	OK

c. Simpangan antar lantai

Batas simpangan yang diperbolehkan sesuai dengan SNI 1726-2019 tentang batas simpangan antar tingkat, ditentukan oleh nilai dari kategori resiko simpangan lantai, faktor redudansi berikut.

Simpangan antar tingkat izin kategori resiko II = 0,25

faktor redudansi kategori desain seismik D = 1,3

$$\text{Batas simpangan} = \frac{0,25}{1,3} \times h_{sx}$$

Dimana :

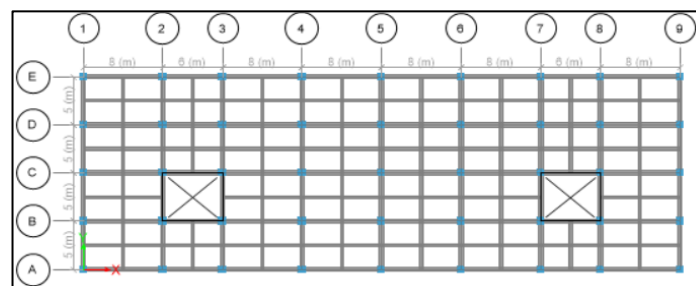
H_{sx} : Tinggi tingkat di bawah tingkat-x

Tabel 7. Simpangan Antar Lantai

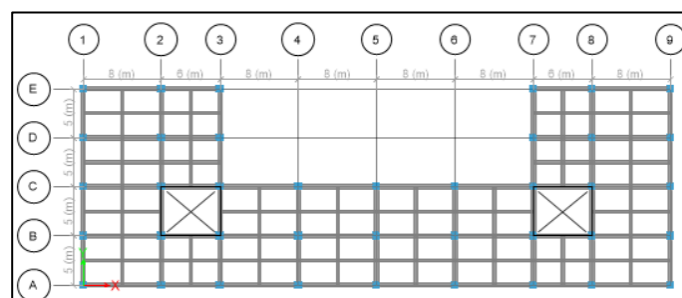
Story	Tinggi	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		δ_x	δ_y	δ_{ex}	δ_{ey}	Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
17	3500	106,35	110,62	1,83	3,15	10,04	17,30	67,31	Aman
16	3500	104,52	107,48	2,47	3,68	13,56	20,27	67,31	Aman
15	3500	102,06	103,79	3,15	4,24	17,30	23,31	67,31	Aman
14	3500	98,91	99,56	3,78	4,74	20,77	26,06	67,31	Aman
13	3500	95,13	94,82	4,34	5,17	23,85	28,46	67,31	Aman
12	3500	90,80	89,64	4,81	5,52	26,44	30,38	67,31	Aman
11	3500	85,99	84,12	5,23	5,67	28,74	31,18	67,31	Aman
10	4000	80,77	78,45	6,18	6,62	33,97	36,40	76,92	Aman
9	4000	74,59	71,83	6,69	7,01	36,81	38,54	76,92	Aman
8	4000	67,90	64,82	7,10	7,29	39,07	40,10	76,92	Aman
7	4000	60,79	57,53	7,45	7,49	40,95	41,19	76,92	Aman
6	4000	53,35	50,05	7,93	7,71	43,63	42,42	76,92	Aman
5	4500	45,42	42,33	9,74	9,42	53,59	51,79	86,54	Aman
4	4500	35,67	32,92	10,07	9,50	55,39	52,25	86,54	Aman
3	4500	25,60	23,42	10,05	9,26	55,28	50,95	86,54	Aman
2	4500	15,55	14,15	15,55	14,15	85,53	77,84	86,54	Aman
1	4500	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	86,54	Aman

4. Data Output Struktur Atas

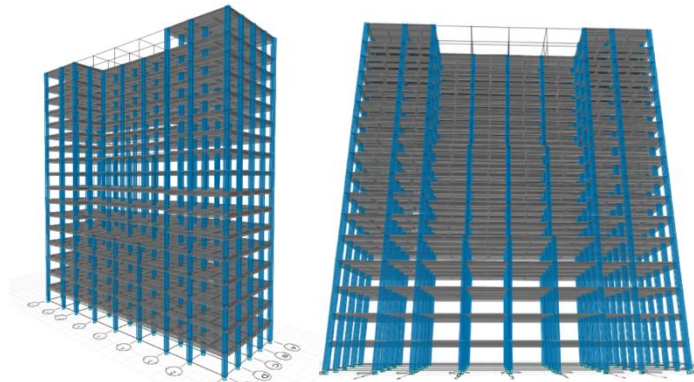
Data output yang diperoleh dari perencanaan struktur atas menggunakan *software* ETABS berupa gambar 3D isometri, Denah serta rekapitulasi pembebanan aksial dan lateral berikut ini :



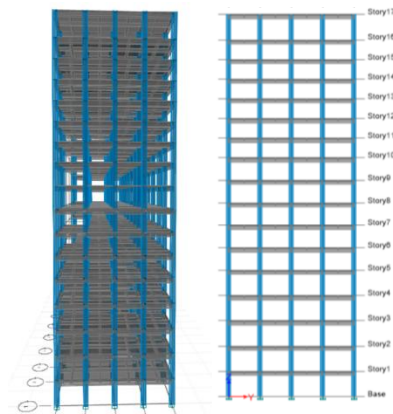
Gambar 2. Denah Lantai 1 – 10



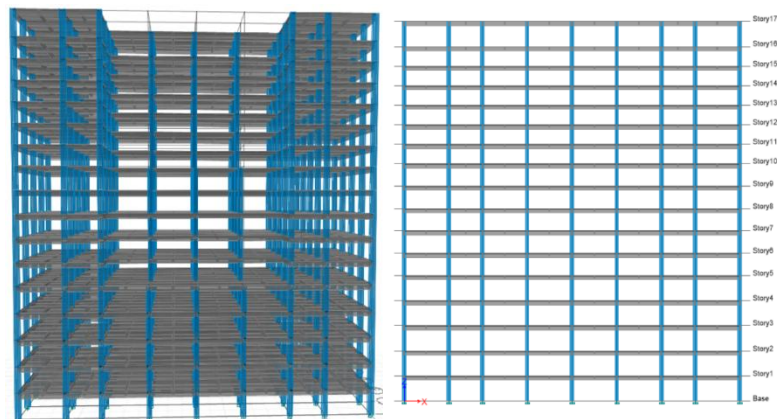
Gambar 3. Denah Lantai 11 – 17



Gambar 4. Ilustrasi 3D Apartemen 17 Lantai



Gambar 5. Tampak samping Apartemen 17 Lantai



Gambar 6. Tampak depan Apartemen 17 Lantai

Tabel 8. Data Pembebanan Aksial dan Lateral

Story	Titik	Output Case	Case Type	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)
Base	D5	Envelope Gempa	Combination	44,75	48,94	924,03
Base	D4	Envelope Gempa	Combination	44,69	49,33	935,54
Base	D6	Envelope Gempa	Combination	45,06	49,33	935,58
Base	E5	Envelope Gempa	Combination	43,29	32,36	938,72
Base	C7	Envelope Gempa	Combination	45,57	51,12	951,56
Base	C3	Envelope Gempa	Combination	51,65	51,12	951,58
Base	E6	Envelope Gempa	Combination	43,77	32,59	973,54

Story	Titik	Output Case	Case Type	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)
Base	E4	Envelope Gempa	Combination	43,19	32,59	973,55
Base	C2	Envelope Gempa	Combination	45,25	51,00	999,92
Base	C8	Envelope Gempa	Combination	52,35	51,00	999,93
Base	D7	Envelope Gempa	Combination	45,73	49,95	1018,29
Base	D3	Envelope Gempa	Combination	50,17	49,95	1018,34
Base	C4	Envelope Gempa	Combination	46,08	49,74	1025,53
Base	B7	Envelope Gempa	Combination	46,25	48,92	1025,61
Base	B3	Envelope Gempa	Combination	51,93	48,93	1025,78
Base	C6	Envelope Gempa	Combination	44,92	49,74	1025,83
Base	B8	Envelope Gempa	Combination	52,51	49,58	1042,96
Base	C9	Envelope Gempa	Combination	28,75	50,02	1043,06
Base	C1	Envelope Gempa	Combination	39,51	50,02	1043,06
Base	B2	Envelope Gempa	Combination	46,16	49,58	1043,10
Base	D1	Envelope Gempa	Combination	39,08	49,55	1047,03
Base	D9	Envelope Gempa	Combination	28,34	49,54	1047,05
Base	D8	Envelope Gempa	Combination	50,56	50,15	1054,68
Base	D2	EnvelopGempa	Combination	45,61	50,15	1054,71
Base	C5	Envelope Gempa	Combination	45,30	49,13	1064,11
Base	B1	Envelope Gempa	Combination	39,92	50,33	1067,48
Base	B9	Envelope Gempa	Combination	29,16	50,33	1067,50
Base	B4	Envelope Gempa	Combination	46,69	49,61	1144,07
Base	B6	Envelope Gempa	Combination	45,40	49,62	1144,34
Base	E1	Envelope Gempa	Combination	35,13	33,32	1152,24
Base	E9	Envelope Gempa	Combination	28,70	33,32	1152,26
Base	B5	Envelope Gempa	Combination	45,83	49,72	1179,71
Base	E7	Envelope Gempa	Combination	45,07	32,90	1188,23
Base	E3	Envelope Gempa	Combination	46,92	32,90	1188,37
Base	A1	Envelope Gempa	Combination	36,71	36,71	1199,43
Base	A9	Envelope Gempa	Combination	30,22	36,71	1199,44
Base	E2	Envelope Gempa	Combination	44,87	33,06	1237,17
Base	E8	Envelope Gempa	Combination	47,44	33,06	1237,27
Base	A2	Envelope Gempa	Combination	47,42	38,24	1306,87
Base	A8	Envelope Gempa	Combination	49,65	38,24	1306,95
Base	A7	Envelope Gempa	Combination	47,06	37,98	1319,61
Base	A3	Envelope Gempa	Combination	49,86	37,99	1319,77
Base	A4	Envelope Gempa	Combination	45,59	38,33	1377,46
Base	A6	Envelope Gempa	Combination	45,38	38,33	1377,49
Base	A5	Envelope Gempa	Combination	45,44	38,18	1387,51

Tabel 9. Data Pembebanan Momen

Story	Titik	Output Case	Case Type	MX (tonf-m)	MY (tonf-m)
Base	D5	Envelope Gempa	Combination	122,46	118,35
Base	D4	Envelope Gempa	Combination	122,79	118,27
Base	D6	Envelope Gempa	Combination	122,79	118,76
Base	E5	Envelope Gempa	Combination	105,60	115,70
Base	C7	Envelope Gempa	Combination	119,11	120,14
Base	C3	Envelope Gempa	Combination	120,51	128,31
Base	E6	Envelope Gempa	Combination	106,09	116,34
Base	E4	Envelope Gempa	Combination	106,09	115,55
Base	C2	Envelope Gempa	Combination	121,06	119,72
Base	C8	Envelope Gempa	Combination	119,78	129,25
Base	D7	Envelope Gempa	Combination	121,29	119,66
Base	D3	Envelope Gempa	Combination	121,52	125,63
Base	C4	Envelope Gempa	Combination	121,28	120,83
Base	B7	Envelope Gempa	Combination	122,08	121,75
Base	B3	Envelope Gempa	Combination	122,09	129,38
Base	C6	Envelope Gempa	Combination	121,13	119,28
Base	B8	Envelope Gempa	Combination	122,05	130,15
Base	C9	Envelope Gempa	Combination	121,25	97,56
Base	C1	Envelope Gempa	Combination	121,73	112,01
Base	B2	Envelope Gempa	Combination	122,06	121,63
Base	D1	Envelope Gempa	Combination	121,92	110,73
Base	D9	Envelope Gempa	Combination	121,79	96,30
Base	D8	Envelope Gempa	Combination	121,64	126,15
Base	D2	Envelope Gempa	Combination	121,92	119,51
Base	C5	Envelope Gempa	Combination	121,20	119,78
Base	B1	Envelope Gempa	Combination	121,34	113,25
Base	B9	Envelope Gempa	Combination	120,55	98,80
Base	B4	Envelope Gempa	Combination	120,65	122,34
Base	B6	Envelope Gempa	Combination	120,15	120,61
Base	E1	Envelope Gempa	Combination	104,00	104,74
Base	E9	Envelope Gempa	Combination	103,99	96,09
Base	B5	Envelope Gempa	Combination	119,55	121,19
Base	E7	Envelope Gempa	Combination	105,40	118,09
Base	E3	Envelope Gempa	Combination	105,41	120,57
Base	A1	Envelope Gempa	Combination	99,65	109,64
Base	A9	Envelope Gempa	Combination	97,53	100,92
Base	E2	Envelope Gempa	Combination	105,81	117,82
Base	E8	Envelope Gempa	Combination	105,81	121,26
Base	A2	Envelope Gempa	Combination	99,15	124,01
Base	A8	Envelope Gempa	Combination	96,11	127,01
Base	A7	Envelope Gempa	Combination	96,23	123,53

Story	Titik	Output Case	Case Type	MX (tonf-m)	MY (tonf-m)
Base	A3	Envelope Gempa	Combination	98,77	127,29
Base	A4	Envelope Gempa	Combination	97,83	121,56
Base	A6	Envelope Gempa	Combination	96,58	121,28
Base	A5	Envelope Gempa	Combination	97,13	121,36

Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang memuat informasi yang diperoleh dari pihak lain untuk tujuan yang mungkin berbeda dengan tujuan penelitian yang sedang dilakukan. Sementara Kuncoro (2009) mengartikan data sekunder sebagai data yang yang dikumpulkan oleh pihak lain yang memiliki kesesuaian dengan data yang peneliti cari. Berikut data sekunder pada proses Perencanaan Fondasi *Bore Pile* Apartemen 17 Lantai di Jakarta Timur adalah data penyelidikan tanah berupa data N-SPT yang didapat dari kontraktor dilokasi penelitian.

Tahapan Perencanaan Fondasi *Bore Pile*

Tahapan perencanaan fondasi bore pile dimulai dengan pengumpulan data struktur atas sebagai data primer dan data N-SPT sebagai data sekunder. Setelah itu, dilakukan perhitungan teknis fondasi yang mencakup evaluasi daya dukung aksial tiang tunggal dan kelompok, daya dukung izin, penentuan jumlah serta jarak antar tiang, penyusunan konfigurasi kelompok tiang, dan efisiensi kelompok. Perhitungan juga mencakup penurunan fondasi, respons terhadap beban lateral termasuk defleksi, serta perencanaan penulangan fondasi bore pile dan dimensi serta penulangan pile cap.

Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang tunggal menggunakan metode Reese & Wright (1977) berdasarkan data berikut :

Data tanah = N-SPT
 Jenis tanah = Non kohesif dengan didominasi pasir halus
 Tipe BP = BP1 dan BP2
 Panjang Fondasi = 15 dan 17 m
 Top elevasi fondasi = - 6 m

Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Contoh perhitungan daya dukung ujung tiang Tunggal (Q_p) menggunakan metode Reese & Wright (1977) pada BP1 sebagai berikut.

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N \times A_p$$

Dimana :

N = Nilai N-SPT pada ujung tiang
 = 50 (N pada elevasi -23 m)

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2$$

$$= 0,7854 \text{ m}^2$$

Maka, dapat dihitung:

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048} \times 50 \times 0,7854$$

$$Q_p = 281,799 \text{ ton}$$

Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

Contoh perhitungan daya dukung selimut tiang Tunggal (Q_s) menggunakan metode Reese & Wright (1977) pada BP1 sebagai berikut.

$$Q_s = 0,32 \times N \times p \times L$$

Dimana :

N = Nilai N-SPT rata-rata sepanjang tiang

$$L_1 = 6,45 \text{ m}$$

$$L_2 = 5,91 \text{ m}$$

$$L_3 = 4,64 \text{ m}$$

$$N_1 = 19,5$$

$$N_2 = 49$$

$$N_3 = 46,3$$

$$p = \pi \times D$$

$$= \pi \times 1$$

$$= 3,1416 \text{ m}^2$$

a. Lapisan Tanah 1 (10,000 -14,350)

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= 0,32 \times N_1 \times p \times L_1 \\ &= 0,32 \times 19,5 \times 3,1416 \times 6,45 \\ &= 126,44 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Lapisan Tanah 2 (14,350 – 20,250)

$$\begin{aligned} Q_{s2} &= 0,32 \times N_2 \times p \times L_2 \\ &= 0,32 \times 49 \times 3,1416 \times 5,91 \\ &= 291,13 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Lapisan Tanah 3 (20,250 – 27,000)

$$\begin{aligned} Q_{s3} &= 0,32 \times N_3 \times p \times L_3 \\ &= 0,32 \times 46,3 \times 3,1416 \times 4,64 \\ &= 216,13 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka, dapat dihitung:

$$\begin{aligned} Q_{stotal} &= Q_{s1} + Q_{s2} + Q_{s3} \\ &= 126,44 + 291,13 + 216,13 \\ &= 633,699 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Dukung Ultimit Tiang (Q_u)

Contoh perhitungan daya dukung ultimit tiang Tunggal (Q_u) menggunakan metode Reese & Wright (1977) pada BP1 sebagai berikut.

$$Q_u = Q_p + Q_{stotal}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_p &= 281,799 \text{ ton} \\ Q_{\text{stotal}} &= 633,699 \text{ ton} \\ \text{Maka, dapat dihitung :} \\ Q_u &= Q_p + Q_{\text{stotal}} \\ &= 281,799 + 633,699 \\ &= 915,497 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang (Q_{ijin})

Menurut Hadiyatmo besarnya beban kerja (working load) atau kapasitas dukung tiang ijin (Q_{ijin}) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan. Faktor keamanan yang disarankan oleh Reese and O'Neill untuk bangunan dengan kontrol jelek.

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{Q_u}{FK}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_u &= 915,497 \text{ ton} \\ FK &= 2,5 \text{ (Tabel xx)} \end{aligned}$$

Maka, dapat dihitung :

$$\begin{aligned} Q_{\text{ijin}} &= \frac{Q_u}{FK} \\ &= \frac{915,497}{2,5} \\ &= 366,199 \text{ ton} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang tunggal pada BP1 dan BP2 menggunakan metode Reese & Wright (1977) dilampirkan pada tabel berikut.

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Tipe BP	Diameter (m)	Panjang (m)	Q_p (Ton)	Q_s (Ton)	Q_u (Ton)	Q_{ijin} (Ton)
BP1	1	17	281,799	633,699	915,497	366,199
BP2	1	15	219,803	531,072	750,874	300,35

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Tahapan perhitungan daya dukung kelompok tiang diawali dengan penentuan jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak antar tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang menggunakan persamaan Converse-Labarre.

a. Jumlah Tiang (n)

Jumlah tiang ditentukan berdasarkan kapasitas daya dukung tiang tunggal dan beban yang bekerja pada 1 titik fondasi. Contoh perhitungan jumlah tiang fondasi untuk titik A5 menggunakan tipe BP1 adalah sebagai berikut.

$$n_{\text{tiang}} = \frac{P_u}{Q_{\text{ijin}}}$$

Dimana:

$$P_u = 1387,51 \text{ ton}$$

$Q_{ijin} = 366,199 \text{ ton}$

Maka, dapat dihitung:

$$n_{tiang} = \frac{1387,51}{366,199}$$

$$= 3,788 \approx 4 \text{ tiang}$$

Rekapitulasi perhitungan jumlah tiang fondasi pada semua titik dilampirkan pada tabel berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Fondasi

Titik	FZ (Ton)	Tipe BP	Qijin (Ton)	Jumlah Tiang	
D5	924,03	BP2	300,35	3,08	4
D4	935,54	BP2	300,35	3,11	4
D6	935,58	BP2	300,35	3,11	4
E5	938,72	BP2	300,35	3,13	4
C7	951,56	BP2	300,35	3,17	4
C3	951,58	BP2	300,35	3,17	4
E6	973,54	BP2	300,35	3,24	4
E4	973,55	BP2	300,35	3,24	4
C2	999,92	BP2	300,35	3,33	4
C8	999,93	BP2	300,35	3,33	4
D7	1018,29	BP2	300,35	3,39	4
D3	1018,34	BP2	300,35	3,39	4
C4	1025,53	BP2	300,35	3,41	4
B7	1025,61	BP2	300,35	3,41	4
B3	1025,78	BP2	300,35	3,42	4
C6	1025,83	BP2	300,35	3,42	4
B8	1042,96	BP2	300,35	3,47	4
C9	1043,06	BP2	300,35	3,47	4
C1	1043,06	BP2	300,35	3,47	4
B2	1043,10	BP2	300,35	3,47	4
D1	1047,03	BP2	300,35	3,49	4
D9	1047,05	BP2	300,35	3,49	4
D8	1054,68	BP2	300,35	3,51	4
D2	1054,71	BP2	300,35	3,51	4
C5	1064,11	BP2	300,35	3,54	4
B1	1067,48	BP2	300,35	3,55	4
B9	1067,50	BP2	300,35	3,55	4
B4	1144,07	BP2	300,35	3,81	4
B6	1144,34	BP2	300,35	3,81	4
E1	1152,24	BP2	300,35	3,84	4
E9	1152,26	BP2	300,35	3,84	4
B5	1179,71	BP2	300,35	3,93	4

Titik	FZ (Ton)	Type BP	Qijin (Ton)	Jumlah Tiang	
E7	1188,23	BP2	300,35	3,96	4
E3	1188,37	BP2	300,35	3,96	4
A1	1199,43	BP2	300,35	3,99	4
A9	1199,44	BP2	300,35	3,99	4
E2	1237,17	BP2	366,20	3,38	4
E8	1237,27	BP1	366,20	3,38	4
A2	1306,87	BP1	366,20	3,57	4
A8	1306,95	BP1	366,20	3,57	4
A7	1319,61	BP1	366,20	3,60	4
A3	1319,77	BP1	366,20	3,60	4
A4	1377,46	BP1	366,20	3,76	4
A6	1377,49	BP1	366,20	3,76	4
A5	1387,51	BP1	366,20	3,79	4
				Total BP1	32
				Total BP2	148

b. Jarak Antar Tiang (S)

Menurut Fellinius (2006) menyarankan jarak minimum antar tiang dalam kelompok tiang ditentukan sebagai berikut:

$$S = 2,5 \times D$$

$$\text{Jarak tiang ke tepi} = 1 \times D$$

Dimana :

$$D = 1 \text{ m}$$

Maka, dapat dihitung :

$$S = 2,5 \times D$$

$$= 2,5 \times 1$$

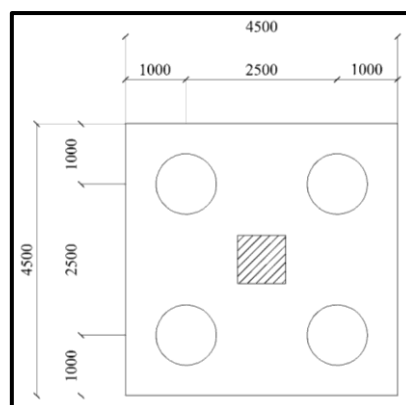
$$= 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak tiang ke tepi} = 1 \times D$$

$$= 1 \times 1 = 1 \text{ m}$$

Susunan Tiang Kelompok

Susunan tiang dalam *pile group* untuk BP1 dan BP2 dengan jumlah 4 tiang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Susunan *pile group*

Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang yang menggunakan persamaan yang disarankan oleh Converse-Labarre. Contoh perhitungan efisiensi kelompok tiang BP1 dan BP2 sebagai berikut:

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

Dimana:

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan \times \left(\frac{D}{S} \right) \\ &= \arctan \times \left(\frac{1}{2,5} \right) \\ &= 0,381\end{aligned}$$

m = Jumlah tiang dalam satu deret baris
= Konfigurasi 4 tiang dalam 1 kelompok yaitu 2×2 , maka $m = 2$

n = Jumlah tiang dalam deretan kolom
= Konfigurasi 4 tiang dalam 1 kelompok yaitu 2×2 , maka $n = 2$

Maka, dapat dihitung :

$$\begin{aligned}E_g &= 1 - \theta^\circ \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \right] \\ &= 1 - 0,381 \times \left[\frac{(2-1) \times 2 + (2-1) \times 2}{90 \times 2 \times 2} \right] \\ &= 0,996\end{aligned}$$

Syarat perhitungan efisiensi kelompok tiang :

$$\begin{aligned}E_g &< 1 \\ 0,996 &< 1 \quad \textbf{(OK)}\end{aligned}$$

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Contoh perhitungan kapasitas daya dukung ijin kelompok tiang pada titik A5 dengan mempertimbangkan faktor efisiensi tiang yang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

$$\begin{aligned}E_g &= 0,996 \\ n &= 4 \text{ tiang} \\ Q_{ijin} &= 366,199 \text{ ton}\end{aligned}$$

Maka, dapat dihitung :

$$\begin{aligned}Q_g &= E_g \times n \times Q_{ijin} \\ &= 0,996 \times 4 \times 366,199 \\ &= 1458,602 \text{ ton}\end{aligned}$$

Syarat perhitungan daya dukung ijin kelompok tiang :

$$Q_g > P_u$$

$$1458,602 > 1387,510 \text{ ton (OK)}$$

Berikut rekapitulasi daya dukung ijin kelompok tiang dengan mempertimbangkan faktor efisiensi tiang kelompok sehingga ada perubahan tipe BP yang digunakan untuk memenuhi syarat daya dukung kelompok tiang.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Titik	Tipe BP	Jumlah Tiang	E _g	Q _g (ton)	FZ (ton)	Cek Syarat
D5	BP2	4	0,996	1196,59	924,03	OK
D4	BP2	4	0,996	1196,59	935,54	OK
D6	BP2	4	0,996	1196,59	935,58	OK
E5	BP2	4	0,996	1196,59	938,72	OK
C7	BP2	4	0,996	1196,59	951,56	OK
C3	BP2	4	0,996	1196,59	951,58	OK
E6	BP2	4	0,996	1196,59	973,54	OK
E4	BP2	4	0,996	1196,59	973,55	OK
C2	BP2	4	0,996	1196,59	999,92	OK
C8	BP2	4	0,996	1196,59	999,93	OK
D7	BP2	4	0,996	1196,59	1018,29	OK
D3	BP2	4	0,996	1196,59	1018,34	OK
C4	BP2	4	0,996	1196,59	1025,53	OK
B7	BP2	4	0,996	1196,59	1025,61	OK
B3	BP2	4	0,996	1196,59	1025,78	OK
C6	BP2	4	0,996	1196,59	1025,83	OK
B8	BP2	4	0,996	1196,59	1042,96	OK
C9	BP2	4	0,996	1196,59	1043,06	OK
C1	BP2	4	0,996	1196,59	1043,06	OK
B2	BP2	4	0,996	1196,59	1043,10	OK
D1	BP2	4	0,996	1196,59	1047,03	OK
D9	BP2	4	0,996	1196,59	1047,05	OK
D8	BP2	4	0,996	1196,59	1054,68	OK
D2	BP2	4	0,996	1196,59	1054,71	OK
C5	BP2	4	0,996	1196,59	1064,11	OK
B1	BP2	4	0,996	1196,59	1067,48	OK
B9	BP2	4	0,996	1196,59	1067,50	OK
B4	BP2	4	0,996	1196,59	1144,07	OK
B6	BP2	4	0,996	1196,59	1144,34	OK
E1	BP2	4	0,996	1196,59	1152,24	OK
E9	BP2	4	0,996	1196,59	1152,26	OK

Titik	Type BP	Jumlah Tiang	E _g	Q _g (ton)	FZ (ton)	Cek Syarat
B5	BP2	4	0,996	1196,59	1179,71	OK
E7	BP2	4	0,996	1196,59	1188,23	OK
E3	BP2	4	0,996	1196,59	1188,37	OK
A1	BP1	4	0,996	1458,94	1199,43	OK
A9	BP1	4	0,996	1458,94	1199,44	OK
E2	BP1	4	0,996	1458,94	1237,17	OK
E8	BP1	4	0,996	1458,94	1237,27	OK
A2	BP1	4	0,996	1458,94	1306,87	OK
A8	BP1	4	0,996	1458,94	1306,95	OK
A7	BP1	4	0,996	1458,94	1319,61	OK
A3	BP1	4	0,996	1458,94	1319,77	OK
A4	BP1	4	0,996	1458,94	1377,46	OK
A6	BP1	4	0,996	1458,94	1377,49	OK
A5	BP1	4	0,996	1458,94	1387,51	OK
Total BP1				44		
Total BP2				132		

Perhitungan Penurunan Fondasi Tiang

Data yang digunakan untuk contoh perhitungan *Settlement* fondasi tiang adalah data BP1 sebagai berikut.

Data perhitungan :

$$D_{\text{fondasi}} = 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{fondasi}} = 17 \text{ m}$$

$$Q_p = 281,799 \text{ ton}$$

$$Q_s = 633,699 \text{ ton}$$

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$A_p = 0,7854 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,5 \text{ (Vesic, 1977)}$$

$$C_p = 0,09 \text{ (Tiang Bor pada tanah pasir, Tabel 2.4)}$$

$$\mu = 0,3 \text{ (Tanah berpasir padat, Tabel 2.5)}$$

$$E_s = 85000 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tanah berpasir padat, Tabel 2.6)}$$

$$= 8667,59 \text{ ton/m}^2$$

$$E_p = 4700 \times \sqrt{F_c'}$$

$$= 4700 \times \sqrt{30}$$

$$= 2574296,02 \text{ ton/m}^2$$

$$P = 3,1416 \text{ m}^2$$

$$I_{wp} = 0,85$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2+0,35\sqrt{\frac{17}{1}} \\
 &= 3,44 \\
 qp &= \frac{Q_p}{A_p} \\
 &= \frac{281,799}{0,7854} \\
 &= 358,797 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Penurunan Tiang Tunggal (S)

Perhitungan penurunan tiang tunggal pada BP1 dengan metode semi empiris dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

Dimana :

1. Penurunan Sepanjang Tiang (S_s)

$$\begin{aligned}
 S_s &= \frac{[Q_p + (\alpha \times Q_s)] \times L}{A_p \times E_p} \\
 &= \frac{[281,799 + (0,5 \times 633,699)] \times 17}{0,7854 \times 2574296,02} \\
 &= 0,00503 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang (S_p)

$$\begin{aligned}
 S_p &= \frac{qp \times D}{E_s} \times (1 - \mu^2) \times I_{wp} \\
 &= \frac{358,797 \times 1}{8667,59} \times (1 - 0,3^2) \times 0,85 \\
 &= 0,03202 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Penurunan tiang akibat beban yang diteruskan sepanjang tiang (S_{ps})

$$\begin{aligned}
 S_{ps} &= \left(\frac{Q_s}{p \times L} \right) \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu^2) \times I_{ws} \\
 &= \left(\frac{633,699}{3,1416 \times 17} \right) \times \frac{1}{8667,59} \times (1 - 0,3^2) \times 3,44 \\
 &= 0,004289 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi, total penurunan ijin tiang tunggal sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= 0,00503 + 0,03202 + 0,004289 \\
 &= 0,04134 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Penurunan Tiang Kelompok

Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan metode Vesic, 1977. Contoh perhitungan penurunan kelompok tiang pada BP1 di titik A5 dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_g = S \times \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

Dimana :

$$S = 0,04134 \text{ m}$$

$$B_g = 3,5 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

Maka, dapat dihitung :

$$\begin{aligned} S_g &= S \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\ &= 0,04134 \times \sqrt{\frac{3,5}{1}} \\ &= 0,07734 \text{ m} \\ &= 7,73 \text{ cm} \end{aligned}$$

Cek syarat penurunan ijin tiang kelompok :

$$\begin{aligned} S_g &< 15 + b/600 \text{ cm (Pasal 9.2.4.3 SNI 8460-2017)} \\ 7,73 &< 15 + 100/600 \text{ cm} \\ 7,73 &< 15,1666 \text{ cm (AMAN)} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Kesimpulannya, perancangan fondasi bore pile untuk Apartemen 17 Lantai di Jakarta Timur memberikan solusi yang efektif untuk menghadapi tantangan ruang terbatas dan kondisi tanah yang bervariasi. Fondasi bore pile yang dirancang mampu menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah dengan aman dan efisien. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal dan kelompok, penurunan fondasi, serta kapasitas daya dukung lateral, fondasi bore pile terbukti memenuhi syarat ketahanan dan efisiensi. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga tentang penerapan teknik fondasi di area perkotaan dengan lahan terbatas, serta menjadi referensi penting untuk pembangunan apartemen bertingkat di Jakarta. Saran untuk penelitian berikutnya adalah untuk lebih mendalami pengaruh kondisi tanah yang lebih kompleks di area lain di Jakarta, serta memperhitungkan faktor lingkungan dan keberlanjutan dalam pemilihan material dan teknik fondasi. Pengujian lebih lanjut terkait dengan faktor-faktor seismik juga perlu diperhatikan untuk memastikan daya tahan struktur pada kondisi gempa yang ekstrem..

DAFTAR PUSTAKA

- Alvin Prasetya Nugroho¹, & Anto Budi Listyawan². (2023). Perencanaan Pondasi Strauss Pile Pada Perencanaan Pembangunan Asrama Pondok Pesantren Iqra, Surakarta. *Teknik Sipil*.
 Amalia, P., & Anita, J. (2022). Perancangan Lanskap Rumah Susun Ii Dengan Konsep Green Architecture Di Rorotan Ix, Jakarta Utara. *Jurnal Arsitektur*, 14(2). <https://doi.org/10.59970/jas.v14i2.62>
 Ash Shubki, M. S., & Khatulistiani, U. (2019). Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Permata Intan Dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode Sprmk Di Kota Yogyakarta. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 7(2). <https://doi.org/10.30742/axial.v7i2.753>

- Az-Zahroh, S., & Mila Ardiani, Y. (2021). A Study of Vertical Landscape Application for Apartment in Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 794(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/794/1/012183>
- Darussalam, N., Sholeh, M., & Raharjo, B. A. (2023). Analisis Perbandingan Fondasi Spun Pile Dan Bore Pile Proyek Rsu Bri Medika Malang. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema JOS-MRK*, 4(1).
- Dessiani, Y., Barus, L. S., & Adianto, J. (2019). A Study of commercial apartments governance in South Jakarta. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012039>
- Lesmana, A. P. (2021). Karakteristik Desain Fasad Ekologis Pada Bangunan Apartemen. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 3(1). <https://doi.org/10.25105/psia.v3i1.13062>
- Mahaendra, A. E., Perdana, P. D., Indarto, H., & Pardono, B. (2015). Perencanaan Struktur Gedung Hotel Persona Jakarta. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4).
- Mahendra, Z. F. V., Sutrisno, W., & Habieb, A. B. (2023). Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen Alessandro Vittorio dengan Metode Beton Pracetak. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.114560>
- Mandak, L. (2016). Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Proyek Pembangunan Butik Gunung Langit Manado. *Skripsi Teknik Politeknik Negeri Manado*.
- Michele, M., & Pangestu, F. T. H. (2023). Pembaruan Kampung Mati Vietnam Dengan Pembangunan Panti “Jompo” Di Jakarta Timur. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 4(2). <https://doi.org/10.24912/stupa.v4i2.22244>
- Muharam, A. F., Wahyuni, E., & Iranata, D. (2017). Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen One East Residence Surabaya dengan Struktur Komposit Baja Beton dan Base Isolator: High Damping Rubber Bearing. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25114>
- Prasetyo, J. D., Sipil, J. T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2017). Perencanaan struktur apartemen rasuna solo. *Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 1, Tahun 2017, Halaman 229 – 237 Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 1, Tahun 2017, Halaman, 229 Online Di: Http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jkts PERENCANAAN*, 6.
- Puspa, F., & Machmoed, S. P. (2023). Perencanaan Struktur Gedung Apartemen “Niscala” Beton Bertulang 10 Lantai Dengan Menggunakan Sistem Ganda Di Kota Surabaya. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 11(3). <https://doi.org/10.30742/axial.v11i3.3353>
- Ridho Utama, R., Lukman, H., & Tri Nugraha, W. (2022). Estimasi Biaya Pekerjaan Fondasi Bore Pile, Pilecap, dan Pier Menggunakan Sistem Building Information Modelling (Studi Kasus Pada Proyek Flyover Double Track Manggarai-Jatinegara). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- Scheuer, C., Boot, E., Carse, N., Clardy, A., Gallagher, J., Heck, S., Marron, S., Martinez-Alvarez, L., Masarykova, D., Mcmillan, P., Murphy, F., Steel, E., Ekdorf, H. Van, & Vecchione, H. (2021). Sustainable Apartment Jakarta. *Jurnal Poster Pirata Syandana*, 2(02).
- Sopiyanto, R., Pratidina Pestalozzi, Y., & Dwi Antoro, E. (2023). Evaluasi Penggunaan Fondasi Bore Pile Pada Bangunan Gedung Pelayanan Madrasah Aliyah Negeri Insan Cendekia Bengkulu Tengah. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1). <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2558>
- Susanto, D., Febrianti Rahayu, G. A., & Widyarko. (2018). Daylight Analysis in Low-Cost Apartments in Jakarta. *2nd International Conference on Smart Grid and Smart Cities, ICSGSC 2018*. <https://doi.org/10.1109/ICSGSC.2018.8541339>

Sya'bani, N. A., Widiyanti, I., & Andaris, H. A. (2023). Metode Kerja Fondasi Bore Pile Studi Kasus Pembangunan Hotel Park Regis by Prince Menteng. *Action Research Literate*, 7(12). <https://doi.org/10.46799/ar.v7i12.228>

Wulan, A. (2022). Pekerjaan Pondasi Bore Pile dan Perhitungan Tulangan Fondasi pada Jalan Tol di Kota Depok. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2).



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)