



Analisis Dan Desain Fondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan

Rizka P. Palallo^{#a}, Roski R. I. Legrans^{#b}, Lanny D. K. Manaroinsong^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^arizkapalallo021@student.unsrat.ac.id, ^blegransroski@unsrat.ac.id, ^clanny.manaroinsong@unsrat.ac.id

Abstrak

Pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan sebagai fasilitas pemerintahan daerah memerlukan perencanaan fondasi yang sesuai dengan karakteristik tanah setempat untuk menjamin kestabilan dan keandalan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi tanah, menentukan kapasitas daya dukung tiang pancang, merancang konfigurasi kelompok tiang, serta mengevaluasi penurunan fondasi sehingga diperoleh desain yang aman dan efisien. Analisis beban struktur dilakukan menggunakan ETABS v.22, sedangkan kapasitas daya dukung tiang dihitung dengan metode Meyerhof, respons lateral dianalisis menggunakan metode Reese and Matlock, dan penurunan fondasi dievaluasi berdasarkan metode Vesic (1977). Hasil investigasi tanah menunjukkan bahwa lapisan tanah keras dengan nilai N-SPT = 60 berada pada kedalaman 24–30 meter, dengan kondisi tanah dominan berupa lempung kelanauan. Kapasitas daya dukung izin tiang tunggal berkisar antara 1.135,38 kN hingga 2.385,63 kN, sedangkan kapasitas maksimum kelompok tiang mencapai 7.230,95 kN. Beban vertikal maksimum yang bekerja pada fondasi sebesar 1.985,0904 kN. Konfigurasi tiang yang digunakan terdiri atas PC-1 (1×1) sebanyak 4 titik, PC-2 (1×2) sebanyak 56 titik, PC-3 (2×2) sebanyak 54 titik, dan PC-4 (2×3) sebanyak 8 titik. Analisis lateral menghasilkan defleksi maksimum 0,0119799 m dan momen lentur maksimum 88,57474 kNm, keduanya masih berada dalam batas aman. Evaluasi penurunan menunjukkan penurunan maksimum 15,0156 mm dan penurunan diferensial 9,180 mm, yang seluruhnya memenuhi persyaratan batas layanan menurut SNI 8460:2017. Temuan ini menunjukkan bahwa desain fondasi tiang pancang yang direncanakan telah memenuhi kriteria keamanan dan kinerja, sehingga layak digunakan sebagai sistem fondasi untuk pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan.

Kata kunci: fondasi tiang pancang, daya dukung, penurunan diferensial, ETABS, SPT

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur pemerintahan merupakan salah satu prioritas strategis dalam mendukung efektivitas administrasi dan peningkatan kualitas pelayanan publik. Sejalan dengan pembentukan Daerah Otonomi Baru (DOB) Provinsi Papua Selatan, kebutuhan akan sarana dan prasarana pemerintahan yang memadai menjadi semakin mendesak untuk memperkuat kapasitas tata kelola dan mempercepat pemerataan pembangunan di kawasan timur Indonesia. Salah satu infrastruktur utama yang direncanakan adalah Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan, yang akan berfungsi sebagai pusat administrasi, koordinasi, dan pelayanan pemerintahan daerah.

Dalam perencanaan gedung bertingkat, sistem fondasi memegang peranan krusial dalam menjamin kestabilan dan keamanan struktur. Fondasi harus mampu menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung memadai. Kesalahan dalam perencanaan fondasi dapat menimbulkan penurunan diferensial, kerusakan struktural, hingga potensi kegagalan bangunan, sehingga analisis fondasi harus dilakukan secara cermat berdasarkan kondisi tanah setempat dan berpedoman pada standar peraturan yang berlaku.

Hasil penyelidikan tanah pada lokasi pembangunan di wilayah Merauke menunjukkan bahwa muka air tanah berada pada kedalaman sekitar 0,5 meter dari permukaan. Lapisan tanah dominan berupa lempung kelanauan, sedangkan lapisan tanah dengan konsistensi keras hingga

sangat keras baru ditemukan pada kedalaman lebih besar, ditandai dengan nilai N-SPT mencapai 60. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah permukaan tidak cukup kuat untuk mendukung beban gedung bertingkat secara langsung, sehingga penggunaan fondasi dalam menjadi pilihan yang lebih tepat. Di antara berbagai jenis fondasi dalam, tiang pancang dipilih karena mampu menyalurkan beban ke lapisan tanah keras pada kedalaman tertentu serta memberikan stabilitas terhadap beban vertikal maupun lateral.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis dan desain fondasi tiang pancang yang sesuai dengan karakteristik tanah di lokasi pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan. Analisis meliputi penentuan daya dukung tiang, penentuan dimensi, jumlah, jarak, dan kedalaman tiang, serta evaluasi penurunan (settlement) untuk memastikan bahwa fondasi yang direncanakan memenuhi kriteria keamanan dan kinerja struktural.

Dengan demikian, melalui penelitian akan diperoleh rancangan fondasi yang tidak hanya memenuhi persyaratan teknis dan standar perencanaan, tetapi juga efisien dan andal dalam mendukung pembangunan infrastruktur pemerintahan di provinsi baru tersebut.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis deskriptif berdasarkan data sekunder berupa hasil penyelidikan tanah dan data struktur bangunan. Data tanah diperoleh dari hasil pengujian Standard Penetration Test (SPT) pada lima titik pengeboran, sedangkan data struktur diperoleh dari gambar Detail Engineering Design (DED) dan hasil pemodelan struktur menggunakan ETABS v.22.

Analisis dilakukan untuk merencanakan fondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan, meliputi evaluasi kondisi tanah, perhitungan daya dukung aksial dan lateral tiang, perencanaan konfigurasi pile cap, serta analisis penurunan fondasi. Daya dukung aksial dihitung menggunakan metode Meyerhof, daya dukung lateral dianalisis dengan metode Reese dan Matlock, sedangkan penurunan fondasi dihitung menggunakan metode Vesic (1977).

2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada area pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan yang berlokasi di Distrik Salor, Kabupaten Merauke, Provinsi Papua Selatan. Lokasi ini merupakan kawasan pengembangan pusat pemerintahan provinsi yang baru dibentuk.

2.3 Metode Analisis data

Metode analisis data dalam penelitian ini meliputi:

- Analisis beban struktur.
Beban struktur gedung dihitung berdasarkan ketentuan SNI 1720:2020 sesuai fungsi bangunan. Perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS untuk memperoleh respons struktur terhadap pembebanan, termasuk gaya dalam pada elemen struktur dan reaksi perletakan pada titik kolom.
- Analisis daya dukung fondasi.
Daya dukung aksial tiang pancang dihitung menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data SPT. Analisis kelompok tiang dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi kelompok. Daya dukung lateral dianalisis menggunakan metode Reese dan Matlock untuk memperoleh nilai defleksi dan momen maksimum akibat beban horizontal.
- Analisis penurunan fondasi.
Penurunan fondasi dihitung menggunakan metode Vesic (1977) untuk memperoleh nilai penurunan total dan penurunan diferensial, kemudian dievaluasi berdasarkan ketentuan SNI 8460:2017.

2.4 Data Penelitian

2.4.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil penyelidikan tanah berupa pengujian Standard Penetration Test (SPT). Pengujian dilakukan pada lima titik bor—BH-01, BH-02, BH-03, BH-04, dan BH-05—dengan kedalaman mencapai 30 m dari permukaan tanah. Data SPT digunakan untuk mengetahui kondisi dan karakteristik lapisan tanah berdasarkan nilai N-SPT pada setiap kedalaman pengeboran. Lokasi titik penyelidikan tanah ditunjukkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan posisi masing-masing titik bor terhadap denah rencana bangunan. Informasi ini digunakan untuk mengidentifikasi sebaran kondisi tanah dan hubungannya dengan posisi fondasi yang direncanakan.



Gambar 1. Titik Boring Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan

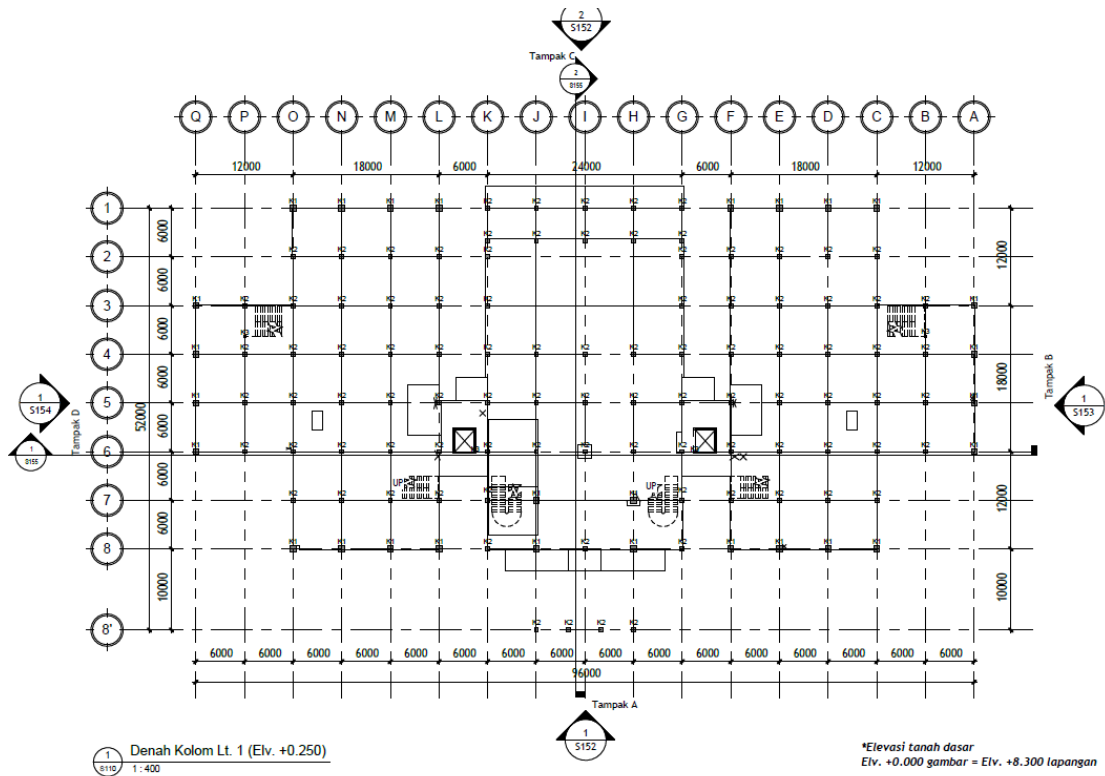
2.4.2 Data Bangunan

Objek penelitian berupa Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan, yang direncanakan sebagai pusat kegiatan administrasi dan koordinasi pemerintahan Provinsi Papua Selatan. Data struktur bangunan diperoleh dari gambar Detail Engineering Design (DED) serta hasil pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak ETABS v.22. Data struktur tersebut digunakan sebagai dasar dalam analisis pembebanan dan perencanaan fondasi tiang pancang.

Informasi yang dimanfaatkan dalam penelitian ini meliputi:

- Konfigurasi sistem struktur berupa susunan balok, kolom, dan pelat lantai yang membentuk sistem pemikul beban vertikal dan lateral.
- Dimensi elemen struktur yang digunakan dalam pemodelan, termasuk ukuran balok, kolom, dan ketebalan pelat.
- Tata letak kolom sebagai titik penyaluran beban dari struktur atas ke sistem fondasi.
- Beban mati, beban hidup, dan kombinasi pembebanan yang dihitung berdasarkan ketentuan peraturan yang berlaku.
- Reaksi perletakan kolom hasil analisis ETABS yang digunakan sebagai input utama dalam perencanaan kapasitas dan konfigurasi fondasi tiang pancang.

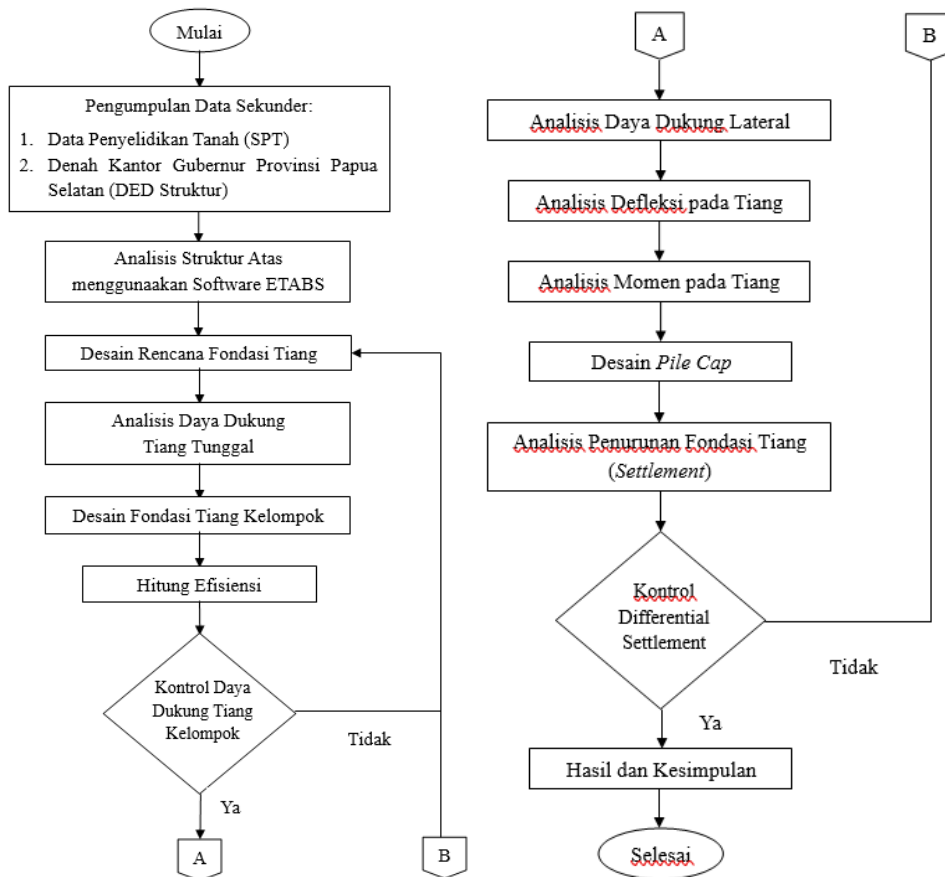
Informasi tersebut menjadi dasar untuk menentukan kebutuhan kapasitas fondasi, konfigurasi pile cap, serta evaluasi kinerja fondasi terhadap beban vertikal dan lateral.



Gambar 2. Denah Lantai Gedung pada Lantai 1

2.5 Tahapan Analisis

Tahapan analisis mengikuti alur pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

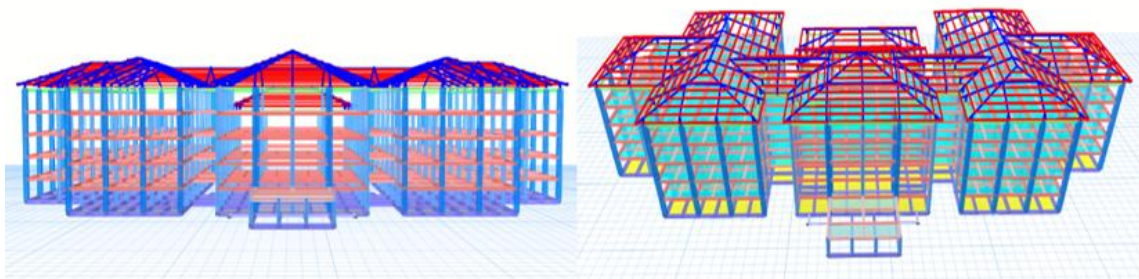
3.1 Hasil Analisis Beban Struktur

Berdasarkan hasil pemodelan struktur Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan menggunakan perangkat lunak ETABS v.22, dilakukan analisis pembebanan sesuai ketentuan SNI 1727:2020. Pemodelan mencakup elemen balok, kolom, dan pelat lantai, dengan kombinasi pembebanan yang disesuaikan dengan fungsi bangunan. Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada beban gravitasi, yang terdiri atas beban mati (dead load) dan beban hidup (live load).

Hasil analisis struktur menghasilkan gaya dalam pada elemen serta reaksi perletakan pada masing-masing titik kolom. Output utama yang digunakan dalam perencanaan fondasi meliputi:

- Gaya aksial (P)
Menunjukkan besar beban tekan vertikal yang diterima kolom dan diteruskan ke fondasi. Nilai ini menjadi parameter utama dalam menentukan kapasitas daya dukung aksial tiang pancang.
- Gaya geser (V2 dan V3)
Menggambarkan pengaruh beban lateral terhadap struktur. Nilai gaya geser digunakan dalam analisis daya dukung lateral tiang pancang untuk memastikan fondasi mampu menahan gaya horizontal.
- Momen lentur (M2 dan M3)
Menunjukkan respons struktur terhadap kombinasi beban vertikal dan lateral. Nilai momen ini berperan dalam evaluasi kapasitas lentur tiang serta desain pile cap.

Reaksi perletakan yang diperoleh dari ETABS kemudian digunakan sebagai input utama dalam perhitungan daya dukung aksial, analisis lateral, dan evaluasi penurunan fondasi tiang pancang. Dengan demikian, hasil analisis beban struktur menjadi dasar penting dalam memastikan bahwa sistem fondasi yang direncanakan mampu menahan seluruh beban yang bekerja secara aman dan efisien.



Gambar 4. Model 3D Struktur Bangunan pada ETABS

Tabel 1. Parameter Tanah berdasarkan Korelasi terhadap Hasil SPT pada titik BH-01

KOLOM	P	V2	V3	M2	M3
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m
C1	-841.4457	-13.228	12.9687	10.3797	-16.6351
C2	-1281.3183	-0.2464	24.1882	24.7792	0.4962
C3	-1281.3183	-0.1194	24.1807	24.4751	0.9535
C4	-1282.3242	12.8121	12.7998	9.1636	18.0333
C5	-853.3255	13.0124	-15.8362	-29.677	16.5511
C6	-1293.449	0.0209	-27.6167	-45.1128	-0.6214
C7	-1290.5802	-0.1326	-27.7998	-45.2745	-1.1113
C8	-852.1054	-13.0835	-16.6347	-30.4924	-18.2127

Hasil analisis ETABS menghasilkan reaksi kolom pada 122 titik fondasi. Tabel 1 menunjukkan sebagian hasil analisis yang mewakili beban yang digunakan sebagai dasar perencanaan fondasi.

3.2 Kondisi Tanah

Kondisi tanah pada lokasi pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan

dianalisis berdasarkan hasil penyelidikan tanah pada lima titik bor, yaitu BH-01, BH-02, BH-03, BH-04, dan BH-05. Hasil penyelidikan menunjukkan adanya variasi lapisan tanah berupa lempung kelanauan, lempung kelanauan sedikit kepasiran, dan lapisan gambut pada beberapa kedalaman. Nilai N-SPT cenderung meningkat seiring bertambahnya kedalaman tanah. Lapisan tanah keras dengan nilai (N-SPT = 60) ditemukan pada kedalaman sekitar 24–30 m. Berdasarkan kondisi tersebut, fondasi tiang pancang dipilih dengan kedalaman tertanam 24 m agar mampu menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung lebih baik. Parameter tanah kemudian diturunkan melalui korelasi empiris untuk digunakan dalam analisis daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang.

Tabel 2. Parameter Tanah berdasarkan Korelasi terhadap Hasil SPT pada titik BH-01

Depth (m)	Jenis Tanah	SPT-N Value			N Value	N60	N' = CN × N60	Cu = 6N'	qp = 9Cu	qs = 0.4Cu	Es = k · N'
		N1	N2	N3							
		(n)	(n)	(n)			(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	
0	Gravelly Clay - Lempung kelanaun sedikit kerikilan						39.9872	239.9230			
1											
2		8	9	12	21	17.43			2159.307	95.9692	11996.149
3							81.8707	491.2242			
4		27	31	29	60	49.8					4421.018
5							64.9853	389.9117			
6		28	32	25	57	47.31					3509.205
7							26.9785	161.8708			
8		28	17	10	27	22.41					1456.837
9											
10	Silty Clay – Lempung Kelanaun	4	5	8	13	10.79	12.0636	72.3815	651.4337	28.9526	3619.076
11	Sandy Clay - Lempung kelanaun sedikit kepasiran						13.6250	81.7500			
12		6	7	9	16	13.28					735.7496
13							16.8814	101.2883			
14		8	10	12	22	18.26					911.5943
15							19.4319	116.5916			
16		10	13	14	27	22.41					1049.324
17							23.1187	138.7123			
18		12	15	19	34	28.22					1248.411
19							24.4694	146.8165			
20	13	17	22	39	32.37					1321.349	58.7266
21											
22	Silty Clay - Lempung kelanaun	18	24	29	53	43.99	31.7470	190.4823	1714.341	76.1929	9524.1144
23							34.4474	206.6843			
24		23	30	30	60	49.8			1860.159	82.6737	10334.214
25							32.2129	193.2777			
26		30	40	20	60	49.8					1739.499
27							31.0644	186.3863			
28	26	35	25	60	49.8					1677.477	74.5545
29	Silty Clay - Lempung kelanaun						30.0305	180.1832			
30	28	37	23	60	49.8					1621.649	72.0733

Hasil perhitungan korelasi pada Tabel 2 menunjukkan 1 titik hasil analisis yang mewakili 4 titik lainnya yang digunakan sebagai dasar perencanaan fondasi.

3.3 Analisis Daya Dukung Aksial Fondasi Tiang Pancang

Analisis daya dukung aksial dilakukan menggunakan metode Mayerhof berdasarkan data SPT. Perhitungan meliputi tahanan ujung tiang (Q_p) dan tahanan selimut (Q_s yang kemudian digunakan untuk memperoleh kapasitas ultimit (Q_u) dan kapasitas izin tiang (Q_{all}). Tiang pancang yang digunakan berupa tiang beton pracetak berukuran 30 cm \times 30 cm dengan panjang 24 m. Nilai daya dukung yang diperoleh pada masing-masing titik bor menunjukkan perbedaan yang dipengaruhi oleh variasi kondisi tanah dan nilai N-SPT.

Tabel 3. Perhitungan Daya Dukung Aksial pada Titik BH-01

DEPTH (m)	SOIL TYPE	N-SPT	A_s (m ²)	q_s (kPa)	Q_s (kN)	A_p (m ²)	q_p (kPa)	Q_p (kN)	Q_u (kN)	Q_{all} (kN)
			($P \times \Delta L$)	($0.4 c_u$)	(Q_s Sebelum + ($A_s \times q_s$))	($b \times b$)	($9 \cdot c_u$)	($A_p \times q_p$)	($Q_s + Q_p$)	(Q_u/SF)
0	Gravelly Clay	21	0.00	95.97	0.00	0.09	2159.31	0	0	0
1			2.40		230.33			194.34	424.66	169.87
2			2.40		460.65			194.34	654.99	262.00
3		60	2.40	196.49	932.23	0.09	4421.02	397.89	1330.12	532.05
4			2.40	1403.80	397.89			1801.69	720.68	
5		57	2.40	155.96	1778.12	0.09	3509.21	315.83	2093.95	837.58
6			2.40		2152.43			315.83	2468.26	987.30
7		27	2.40	64.75	2307.83	0.09	1456.84	131.12	2438.94	975.58
8			2.40		2463.22			131.12	2594.34	1037.74
9		13	2.40	28.95	2532.71	0.09	651.43	58.63	2591.34	1036.54
10	Silty Clay		2.40		2602.20			58.63	2660.83	1064.33
11	Sandy Clay	16	2.40	32.70	2680.68	0.09	735.75	66.22	2746.89	1098.76
12			2.40		2759.16			66.22	2825.37	1130.15
13		22	2.40	40.52	2856.39	0.09	911.59	82.04	2938.44	1175.38
14			2.40		2953.63			82.04	3035.67	1214.27
15		27	2.40	46.64	3065.56	0.09	1049.32	94.44	3160.00	1264.00
16			2.40		3177.49			94.44	3271.93	1308.77
17		34	2.40	55.48	3310.65	0.09	1248.41	112.36	3423.01	1369.20
18			2.40		3443.81			112.36	3556.17	1422.47
19		39	2.40	58.73	3584.76	0.09	1321.35	118.92	3703.68	1481.47
20			2.40		3725.70			118.92	3844.62	1537.85
21	Silty Clay	53	2.40	76.19	3908.57	0.09	1714.34	154.29	4062.86	1625.14
22			2.40		4091.43			154.29	4245.72	1698.29
23		60	2.40	82.67	4289.85	0.09	1860.16	167.41	4457.26	1782.90
24	2.40		4488.26		167.41			4655.68	1862.27	
25	60	2.40	77.31	4673.81	0.09	1739.50	156.55	4830.36	1932.15	
26		2.40		4859.36			156.55	5015.91	2006.36	
27	60	2.40	74.55	5038.29	0.09	1677.48	150.97	5189.26	2075.70	
28		2.40		5217.22			150.97	5368.19	2147.28	
29	Silty Clay	60	2.40	72.07	5390.19	0.09	1621.65	145.95	5536.14	2214.46
30			2.40		5563.17			145.95	5709.12	2283.65

Hasil perhitungan daya dukung tanah pada Tabel 3 menunjukkan 1 titik hasil analisis yang mewakili 4 titik lainnya yang digunakan sebagai dasar perencanaan fondasi. Selanjutnya dilakukan analisis daya dukung kelompok tiang dengan memperhitungkan efisiensi kelompok tiang.

Tabel 4. Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

FONDASI	Pu	Titik SPT	Qs	Qp	Qu	Qall	n	n1	n2	Eg	Qg	KONTROL	
	kN		kN	kN	kN	Tiang Kelompok						SF	
C1	841.4457	BH1	4488.26	167.41	4655.68	1862.27	2	1	2	0.878881	3273.429	AMAN	3.9
C3	1281.318	BH1	4488.26	167.41	4655.68	1862.27	4	2	2	0.757762	5644.632	AMAN	4.4
C78	1867.372	BH5	2735.21	103.24	2838.45	1135.38	6	2	3	0.717389	4887.053	AMAN	2.6
C128	117.7628	BH5	2735.21	103.24	2838.45	1135.38	1	1	1	1	1135.379	AMAN	9.6

Hasil perhitungan daya dukung tiang kelompok pada Tabel 4, menunjukkan 4 titik hasil analisis yang mewakili total jumlah 122 titik dan 4 tipe pile cap sesuai dengan konfigurasi tiang. Nilai daya dukung yang diperoleh lebih besar dibandingkan beban yang bekerja pada fondasi sehingga seluruh konfigurasi fondasi memenuhi persyaratan keamanan dengan faktor keamanan minimum sebesar 2,5. Selain itu, potensi block failure tidak dianalisis secara rinci karena jarak antar tiang telah memenuhi ketentuan minimum $2,5D-3D$ sehingga interaksi antar tiang masih berada dalam batas yang diizinkan.

3.4 Analisis Daya Dukung Lateral Fondasi Tiang Pancang

Analisis daya dukung lateral dilakukan menggunakan metode Reese dan Matlock. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui respons tiang terhadap beban horizontal melalui evaluasi defleksi dan momen yang terjadi sepanjang tiang. Daya dukung lateral dipengaruhi oleh kekakuan lentur yakni modulus elastisitas tiang (E_p) dan momen inersia tiang (I_p).

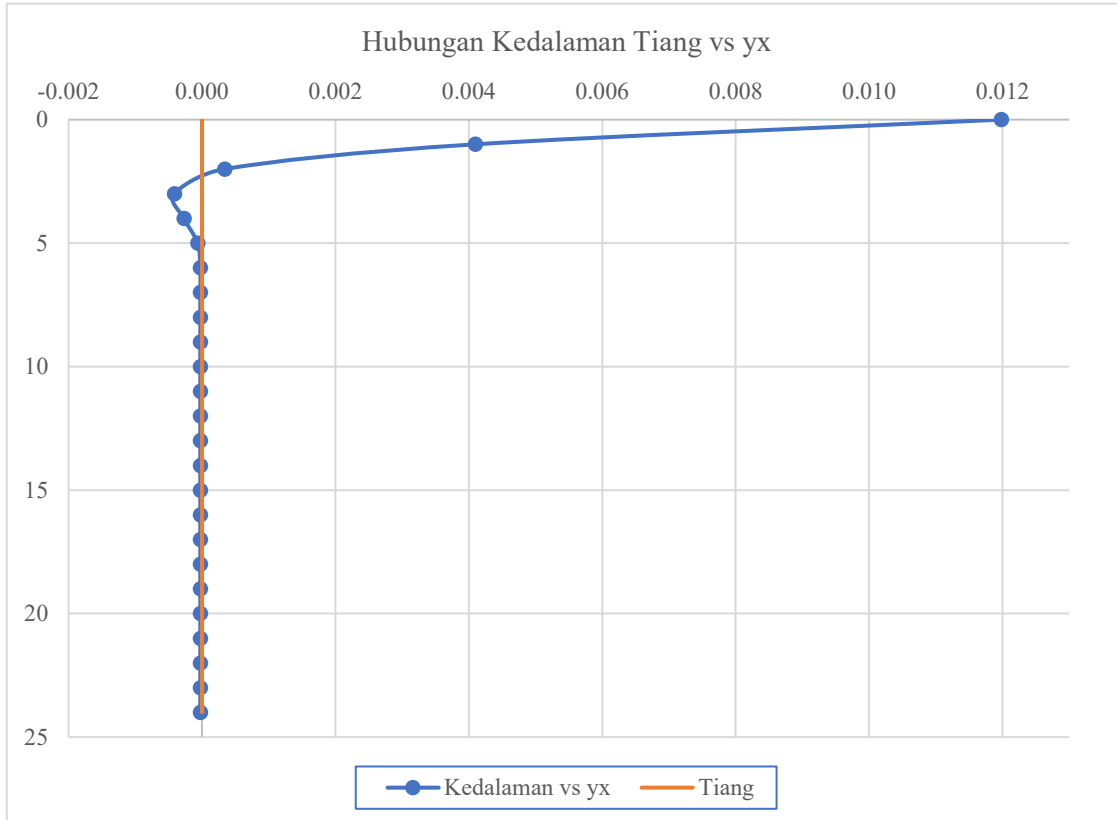
3.4.1 Perhitungan Defleksi Tiang

Perhitungan defleksi tiang bored pile menggunakan persamaan dari metode Reese & Matlock dengan gaya lateral (Q_g) = 51.2032 kN, dan momen (M_g) = 60.1577 kN.m, (keduanya dari perhitungan ETABS).

Tabel 5. Perhitungan pada Defleksi Tiang dengan Metode Resse & Matlock

DISPLACEMENT (y_x)						
z	Z=z/T	A _y	y _A	B _y	y _B	y _x
0	0	2.435	0.006836157	1.623	0.0051437	0.0119799
1	0.960843	1.010554	0.002837087	0.396892	0.0012579	0.0040949
2	1.921687	0.183114	0.000514086	-0.05434	-0.0001722	0.0003419
3	2.882530	-0.04951	-0.000138994	-0.08677	-0.0002750	-0.0004140
4	3.843373	-0.05392	-0.000151366	-0.03755	-0.0001190	-0.0002704
5	4.804217	-0.01703	-0.000047803	-0.00548	-0.0000174	-0.0000652
6	5.765060	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
7	6.725903	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
8	7.686747	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
9	8.647590	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
10	9.608433	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
11	10.569277	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
12	11.530120	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
13	12.490963	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
14	13.451807	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
15	14.412650	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
16	15.373493	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
17	16.334337	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
18	17.295180	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
19	18.256023	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
20	19.216867	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253

DISPLACEMENT (y_x)						
z	$Z=z/T$	A_y	y_A	B_y	y_B	y_x
21	20.177710	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
22	21.138553	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
23	22.099397	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253
24	23.060240	-0.009	-0.000025267	0.000	0.0000000	-0.0000253



Gambar 5. Grafik Hubungan Kedalaman tiang vs y_x

Defleksi lateral maksimum terjadi pada kepala tiang ($z = 0$) sebesar 0,01198 m dan terus menurun seiring bertambahnya kedalaman akibat meningkatnya tahanan tanah terhadap pergerakan lateral tiang. Pada kedalaman lebih dari 6 m, nilai defleksi mendekati nol. Nilai defleksi maksimum yang diperoleh masih lebih kecil dari batas izin sebesar 0,012 m (SNI 846:2017), sehingga struktur dinyatakan aman terhadap deformasi lateral.

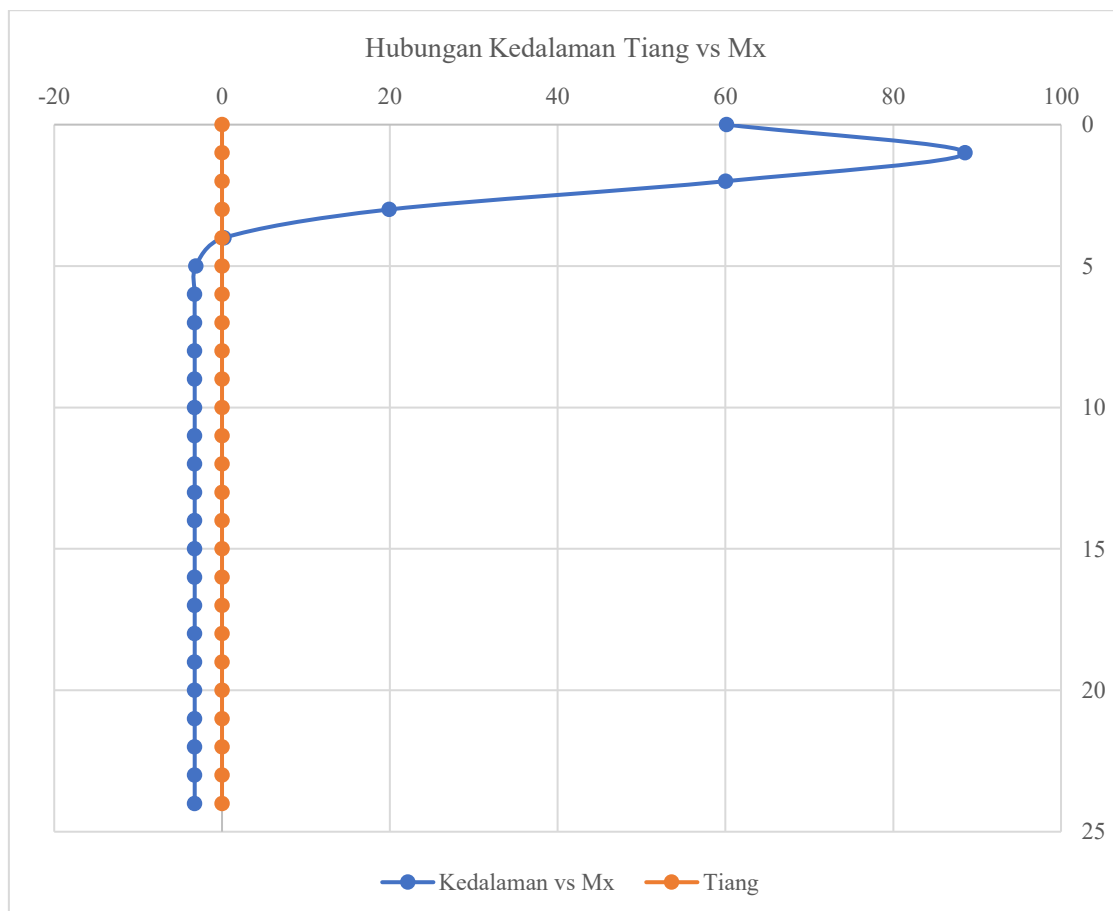
3.4.1 Perhitungan Momen pada Tiang

Tabel 6. Perhitungan pada Momen Tiang dengan Metode Resse & Matlock

MOMEN (M)								
Z	$Z=z/T$	A_m	P_T	B_m	M	M_A	M_B	M_x
0	0	0.000	51.2032	1.000	60.1577	0	60.1577	60.1577
1	0.960843	0.713687	51.2032	0.864922	60.1577	36.54304	52.0317	88.57474
2	1.921687	0.654627	51.2032	0.440807	60.1577	33.51897	26.51795	60.03692
3	2.88253	0.27234	51.2032	0.099527	60.1577	13.9447	5.987324	19.93202
4	3.843373	0.035241	51.2032	-0.02618	60.1577	1.804452	-1.57497	0.229481
5	4.804217	-0.02654	51.2032	-0.02913	60.1577	-1.35889	-1.75255	-3.11144
6	5.76506	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
7	6.725903	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
8	7.686747	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
9	8.64759	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381

MOMEN (M)								
Z	Z=z/T	Am	PT	Bm	M	MA	MB	Mx
10	9.608433	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
11	10.56928	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
12	11.53012	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
13	12.49096	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
14	13.45181	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
15	14.41265	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
16	15.37349	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
17	16.33434	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
18	17.29518	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
19	18.25602	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
20	19.21687	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
21	20.17771	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
22	21.13855	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
23	22.0994	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381
24	23.06024	-0.033	51.2032	-0.026	60.1577	-1.68971	-1.5641	-3.25381

Berdasarkan hasil analisis momen lentur maksimum terjadi pada kedalaman 1 m sebesar 88,5747 kNm. Nilai momen kemudian menurun seiring bertambahnya kedalaman hingga mendekati nol pada kedalaman sekitar 4 m. Pada kedalaman yang lebih besar, momen bernilai negatif dengan besaran yang relatif kecil akibat berkurangnya pengaruh beban lateral dan meningkatnya tahanan tanah di sepanjang tiang.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kedalaman Tiang vs Mx

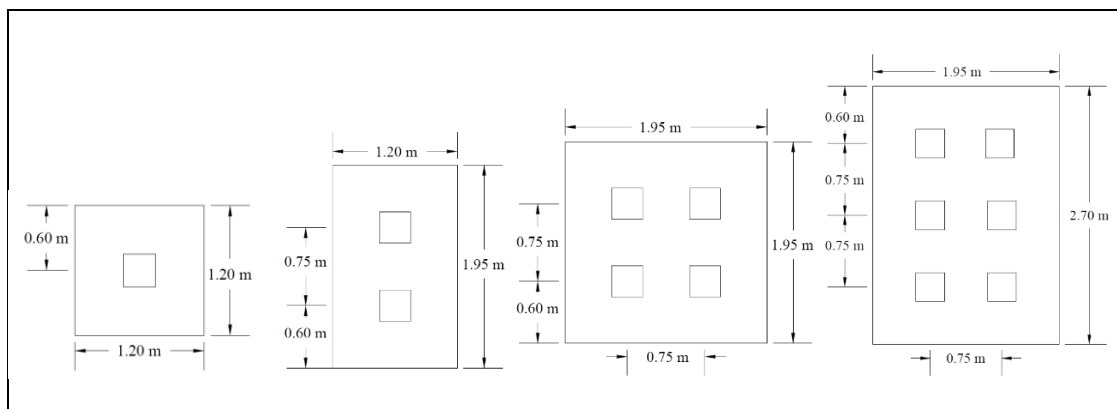
3.5 Perencanaan Pile Cap

Perencanaan pile cap dilakukan berdasarkan jumlah tiang yang dibutuhkan untuk menahan beban pada masing-masing kolom. Jumlah tiang ditentukan dari perbandingan antara beban aksial yang bekerja dan kapasitas kelompok tiang yang tersedia.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa digunakan empat tipe pile cap, yaitu PC-1, PC-2, PC-3, dan PC-4. Variasi konfigurasi tersebut digunakan untuk menyesuaikan kebutuhan daya dukung pada setiap titik kolom.

Tabel 7. Konfigurasi dan Jumlah Pile Cap

Tipe Pile Cap	Konfigurasi Tiang	Jumlah
PC-1	1 × 1	4
PC-2	1 × 2	56
PC-3	2 × 2	54
PC-4	2 × 3	8



Gambar 7. Gambar Detail Pile Cap PC-1 s.d. PC-4

3.6 Analisis Penurunan Fondasi

3.6.1 Perhitungan Penurunan Dengan Metode Vesic (1977)

Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, penurunan fondasi harus berada dalam batas yang diizinkan, yaitu $15 \text{ cm} + D/600$. Oleh karena itu, hasil perhitungan penurunan total selanjutnya dibandingkan dengan nilai penurunan izin.

Tabel 8. Perhitungan Penurunan Fondasi dengan Metode Vesic (1977)

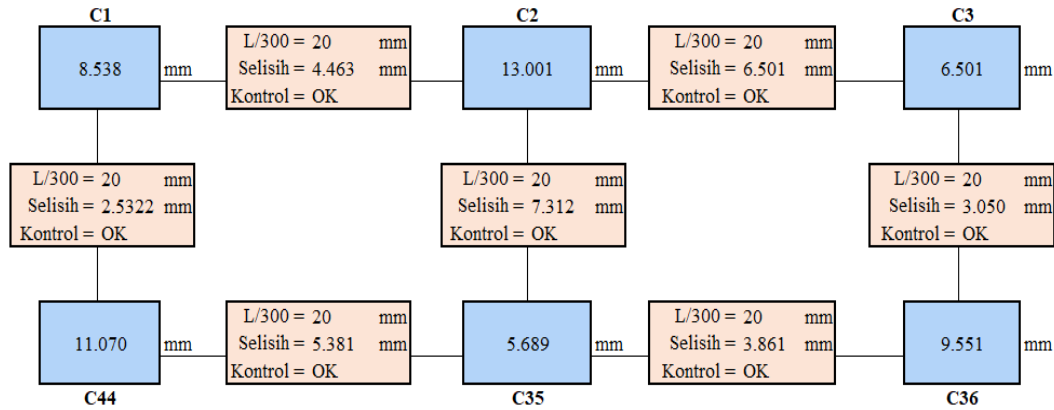
Fondasi	Penurunan					Kontrol	
	S(1)	S(2)	S(3)	S	Sg	15 cm + D/600	S < Sijin
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
C1	2.512	0.813	0.024	3.349	8.538	150.50	AMAN
C2	3.824	1.238	0.037	5.100	13.001	150.50	AMAN
C3	1.912	0.619	0.018	2.550	6.501	150.50	AMAN
C4	1.914	0.620	0.018	2.552	6.506	150.50	AMAN
C5	2.534	0.644	0.019	3.197	8.151	150.50	AMAN
C6	3.842	0.976	0.029	4.846	12.356	150.50	AMAN
C7	3.833	0.974	0.029	4.836	12.328	150.50	AMAN
C103	4.669	1.186	0.035	5.890	15.016	150.50	AMAN

Hasil perhitungan penurunan tiang pada Tabel 8, menunjukkan beberapa titik hasil analisis yang mewakili 122 total titik fondasi pada perhitungan penurunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai penurunan bervariasi pada setiap titik fondasi akibat perbedaan besar beban yang diterima.

Penurunan terbesar terjadi pada titik C103 sebesar 15,0156 mm.

3.6.2 Perhitungan Differential Settlement

Perhitungan differential settlement dilakukan untuk mengetahui selisih penurunan antar fondasi yang berdekatan akibat beban struktur. Nilai yang diperoleh kemudian dievaluasi berdasarkan batas yang diizinkan, $\Delta S \leq \frac{L}{300}$ menurut SNI 8460:2017 agar tidak menimbulkan kerusakan atau gangguan pada elemen struktur.



Gambar 8. Perhitungan Differential Settlement

Tabel 9. Perhitungan Differential Settlement

Fondasi	Penurunan	Fondasi	Penurunan	Differential Settlement	L	L/300	Kontrol
	(mm)		(mm)				
C1	8.538	C2	13.001	4.463	6	20	Ok
		C44	11.070	2.532	6	20	Ok
C2	13.001	C1	8.538	4.463	6	20	Ok
		C3	6.501	6.501	6	20	Ok
		C35	5.689	7.312	6	20	Ok
C3	6.501	C2	13.001	6.501	6	20	Ok
		C4	6.506	0.005	6	20	Ok
		C36	9.551	3.050	6	20	Ok
C4	6.506	C3	6.501	0.005	6	20	Ok
		C13	3.092	3.414	6	20	Ok
		C37	11.286	4.780	6	20	Ok
C18	3.690	C17	8.544	4.854	6	20	Ok
		C19	12.870	9.180	6	20	Ok
		C113	9.799	6.108	6	20	Ok
C19	12.870	C18	3.690	9.180	6	20	Ok
		C20	8.500	4.370	6	20	Ok
		C114	9.882	2.989	6	20	Ok

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa differential settlement maksimum terjadi antara titik fondasi C18 dan C19 sebesar 9,180 mm. Nilai tersebut masih berada di bawah batas yang diizinkan berdasarkan SNI 8460:2017, sehingga perbedaan penurunan antar fondasi tidak diperkirakan menimbulkan gangguan terhadap kinerja struktur.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan fondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua Selatan, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah pada

lokasi penelitian menunjukkan variasi lapisan berupa lempung kelanauan, lempung kelanauan sedikit kepasiran, serta lapisan gambut pada beberapa titik, sebagaimana diperoleh dari hasil pengujian Standard Penetration Test (SPT) pada lima titik bor (BH-01 hingga BH-05). Nilai N-SPT pada setiap kedalaman menunjukkan fluktuasi, meskipun secara umum mengalami peningkatan seiring bertambahnya kedalaman, dengan lapisan tanah keras umumnya ditemukan pada kedalaman 24–30 meter.

Hasil analisis daya dukung tiang tunggal dan kelompok menunjukkan bahwa fondasi tiang pancang beton pracetak berukuran 30×30 cm dengan kedalaman tertanam 24 meter dan jarak antar tiang 0,75 meter mampu menahan beban vertikal yang bekerja. Kapasitas daya dukung izin tiang tunggal berada pada kisaran 1.135,38 kN hingga 2.385,63 kN, sedangkan kapasitas kelompok tiang maksimum mencapai 7.230,95 kN, dengan seluruh titik fondasi memenuhi faktor keamanan $\geq 2,5$. Beban vertikal maksimum yang diterima fondasi sebesar $-1.985,0904$ kN, dengan konfigurasi jumlah tiang meliputi PC-1 (1×1) sebanyak 4 titik, PC-2 (1×2) sebanyak 56 titik, PC-3 (2×2) sebanyak 54 titik, dan PC-4 (2×3) sebanyak 8 titik.

Analisis lateral menunjukkan bahwa nilai defleksi maksimum sebesar 0,0119799 m masih berada dalam batas izin SNI (0,012 m), dengan momen lentur maksimum sebesar 88,574744 kNm, sehingga fondasi dinyatakan aman terhadap perpindahan lateral. Selanjutnya, hasil analisis penurunan menunjukkan bahwa penurunan maksimum sebesar 15,0156 mm dan penurunan diferensial maksimum sebesar 9,180 mm masih berada di bawah batas izin menurut SNI 8460:2017, sehingga fondasi tiang pancang dinyatakan aman terhadap penurunan total maupun diferensial.

Referensi

- Aritra, S. 2025. Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang pada Pembangunan Rumah Susun Polda Sumatera Utara. Skripsi. Universitas Medan Area.
- BSN. 2017. SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2020. SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standardisasi Nasional.
- Bowles, J. E. Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2. Erlangga.
- Dzikrian, R. R. dan Yufflih, F. 2021. Analisis Perbandingan Penggunaan Fondasi antara Tiang Pancang dengan Bored Pile Proyek Pembangunan Gedung Dekanat Universitas Wahid Hasyim Semarang. Tugas Akhir. Universitas Islam Sultan Agung.
- Edwar, B. 2023. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Rumah Sakit Regina Maris Medan. Skripsi. Universitas Medan Area.
- Gobel, F., Legrans, R. R. I. dan Ticoh, J. H. 2024. Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Kelompok Pada Pekerjaan Transmisi Line 150 kV PLTS Terapung PT PJB Masdar Solar Energi. TEKNO, Vol. 22, No. 87.
- Hanafiah, H. Z., Jaya, Z. dan Reza, M. 2020. Rekayasa Fondasi untuk Program Vokasi. ANDI.
- Hardiyatmo, H. C. 2011. Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian II. Gajah Mada University Press.
- Prakash, S. dan Sharma, H. D. 1990. Pile Foundations in Engineering Practice. John Wiley & Sons.
- Sanger, V. H., Sarajar, A. N. dan Mandagi, A. T. 2024. Analisis Daya Dukung Tanah pada Pekerjaan Pembangunan RS GMIM Kaupusan Langowan. TEKNO, Vol. 22, No. 89.
- Simbolon, I. R. 2009. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (Mini Pile) pada Proyek Pembangunan RSIA Stella Mariss Jalan Samanhudi Medan. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Simorangkir, S. P. Analisis Penyelidikan Tanah Perencanaan Pembangunan Pasar Baru di Penyabungan Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara.
- Supardi, P. S. D., Mandagi, A. T. dan Manaroinsong, L. D. K. 2025. Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Gedung Utama OIKN. TEKNO, Vol. 23, No. 92.
- Vesic, A. S. 1977. Design of Pile Foundations. NCHRP Synthesis of Highway Practice 42.
- Wior, W. E. M., Legrans, R. R. I. dan Ticoh, J. H. 2025. Studi Kapasitas Fondasi Tiang Pancang untuk Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung Pada Konstruksi Gedung Pusat Perbelanjaan di Manado. TEKNO, Vol. 23, No. 91.
- Yulistyawan, A. D. 2022. Evaluasi Metode Pekerjaan Pondasi pada Bangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia Yogyakarta). Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.