

Evaluasi Kebutuhan Jumlah Fondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit di Jakarta Timur

Puan Padya Pamelagiyan^{1),*)}, Iman Handiman²⁾, Zakwan Gusnadi³⁾, Empung⁴⁾, Yusep Ramdani⁵⁾, Fitriana Sarifah⁶⁾, Herwan Dermawan⁷⁾, dan Asrinia Desilia⁸⁾

^{1), 2), 3), 4), 5), 6), *)}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, INDONESIA

^{7), 8)}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, INDONESIA

*Corresponding authors: 217011005@student.unsil.ac.id

Diserahkan 10 Desember 2025. Direvisi 20 Desember 2025. Diterima 08 Januari 2026

ABSTRAK Fondasi tiang pancang merupakan elemen penting dalam mendukung struktur bangunan, terutama pada tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah. Fondasi berfungsi sebagai struktur bawah yang menyalurkan beban dari struktur di atasnya ke tanah yang cukup keras sehingga fondasi mampu memikul beban secara aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kebutuhan jumlah fondasi tiang pancang pada titik B6-BE dalam Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit di Jakarta Timur melalui pendekatan analitik dan pengujian komprehensif lapangan. Analisis dilakukan menggunakan metode API RP2A dan *software* Tiang, serta pengujian *Static Loading Test* (SLT) aksial dan lateral. Interpretasi hasil uji pembebanan statik dilakukan dengan metode Davisson, Chin, Mazurkiewicz, dan pendekatan *p-y curve*. Hasil evaluasi menggunakan *software* Kelompok Tiang menunjukkan bahwa konfigurasi tiang pancang rencana dengan jumlah 10 tiang mampu menahan beban aksial dan lateral dengan deformasi yang masih berada dalam batas aman, sehingga memungkinkan dilakukannya analisis terhadap konfigurasi tiang yang lebih efisien. Analisis konfigurasi tiang dengan jumlah 9 dan 8 tiang menunjukkan bahwa desain tersebut masih memenuhi kriteria daya dukung aksial, dengan kapasitas masing-masing sebesar 1225,4 kN untuk konfigurasi 9 tiang dan 1374,3 kN untuk konfigurasi 8 tiang. Konfigurasi dengan 7 tiang menghasilkan daya dukung aksial maksimum sebesar 1566,3 kN, yang melebihi daya dukung izin sebesar 1395,5 kN sehingga konfigurasi tersebut dinyatakan tidak aman secara struktural.

KATA KUNCI Kelompok Tiang, *Static Loading Test*, Tiang Pancang

ABSTRACT Driven pile foundations are a critical structural element for supporting buildings, particularly in soft soil conditions with low bearing capacity. Foundations function as substructures that transfer loads from the superstructure to deeper and stronger soil layers, enabling the loads to be safely and efficiently resisted. This study aims to evaluate the required number of pile foundations at point B6-BE in the construction project of a hospital building in East Jakarta using analytical approaches and comprehensive field testing. The analysis was conducted using the API RP2A method and the *Tiang* software, complemented by axial and lateral *Static Loading Tests* (SLT). The interpretation of static load test results employed the Davisson, Chin, and Mazurkiewicz methods, as well as the *p-y curve* approach for lateral behavior analysis. The evaluation using pile group analysis software indicates that the planned configuration consisting of 10 piles is capable of resisting both axial and lateral loads, with deformations remaining within acceptable safety limits, thereby allowing further assessment of more efficient pile configurations. The analysis of alternative configurations with 9 and 8 piles demonstrates that these designs still satisfy the axial bearing capacity criteria, with capacities of 1225.4 kN for the 9-pile configuration and 1374.3 kN for the 8-pile configuration. In contrast, the 7-pile configuration yields a maximum axial bearing capacity of 1566.3 kN, which exceeds the allowable bearing capacity of 1395.5 kN; therefore, this configuration is considered structurally unsafe.

KEYWORDS Driven pile, Group Pile, *Static Loading Test*

1 PENDAHULUAN

Setiap bangunan harus direncanakan dan dibangun dengan struktur yang kuat, kokoh, dan stabil untuk menahan beban. Oleh karena itu, perencanaan fondasi yang baik menjadi sangat penting. Fondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang memadai. Fondasi sendiri dapat dibedakan menjadi fondasi dangkal dan fondasi dalam, di mana fondasi dalam digunakan apabila fondasi dangkal sudah tidak memungkinkan untuk digunakan (Das and Sivakugan, 2018). Menurut (Sarifah, Handiman and Gusnadi, 2023), fondasi harus memenuhi persyaratan daya dukung dan deformasi. Dalam SNI 8460:2017 (Badan Standardisasi Nasional, 2017) disampaikan bahwa fondasi dari suatu gedung/struktur harus direncanakan dan dibangun agar aman dalam memikul

beban-beban yang bekerja padanya tanpa mengurangi kestabilan ataupun menyebabkan deformasi yang besar pada bangunan tersebut, atau bangunan lain di sekitarnya, jalan, ataupun lereng yang ada.

Secara aktual daya dukung fondasi dapat diketahui melalui pengujian lapangan. Pengujian fondasi yang dapat dilakukan di lapangan salah satunya *Static Loading Test* (SLT). Pengujian pembebanan statis dilakukan untuk menentukan kapasitas beban yang dapat didukung fondasi (Ahmed et al., 2025). Pengujian *Static Loading Test* (SLT) dilakukan untuk menentukan kapasitas total tiang dibandingkan dengan penurunan tiang tersebut (Kusuma, Kurniawan and Budi, 2022). Perbedaan hasil perhitungan perencanaan daya dukung fondasi tiang pancang dengan hasil pengujian di lapangan dapat terjadi. Sehingga jumlah tiang yang digunakan terkadang berlebih dan terkadang jumlahnya kurang atau tidak cukup untuk memikul beban yang direncanakan untuk fondasi tersebut. Pengujian tiang pancang yang dilakukan pada proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit di Jakarta Timur ini yaitu *Static Loading Test* aksial dan lateral. Pembangunan Gedung Rumah Sakit di Jakarta Timur ini menggunakan tiang pancang sebagai fondasinya. Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk fondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah tiang pancang pada *pile cap* P10 di titik B6-BE Gedung Pelayanan berdasarkan data hasil uji beban statis *Static Loading Test*. Analisis kapasitas dukung aksial tiang dilakukan menggunakan *software* Aksial Tiang, sedangkan respons lateral dianalisis dengan *software* Lateral Tiang. Selanjutnya, evaluasi kelompok tiang secara keseluruhan, meliputi reaksi aksial, momen, dan defleksi dilakukan menggunakan *software* Kelompok Tiang. Hasil analisis digunakan untuk menentukan jumlah tiang yang optimal secara struktural dan geoteknik, dengan mempertimbangkan efisiensi sistem fondasi dan batasan keamanan yang berlaku.

2 METODE

2.1 Deskripsi Penelitian dan Kondisi Tanah Dasar

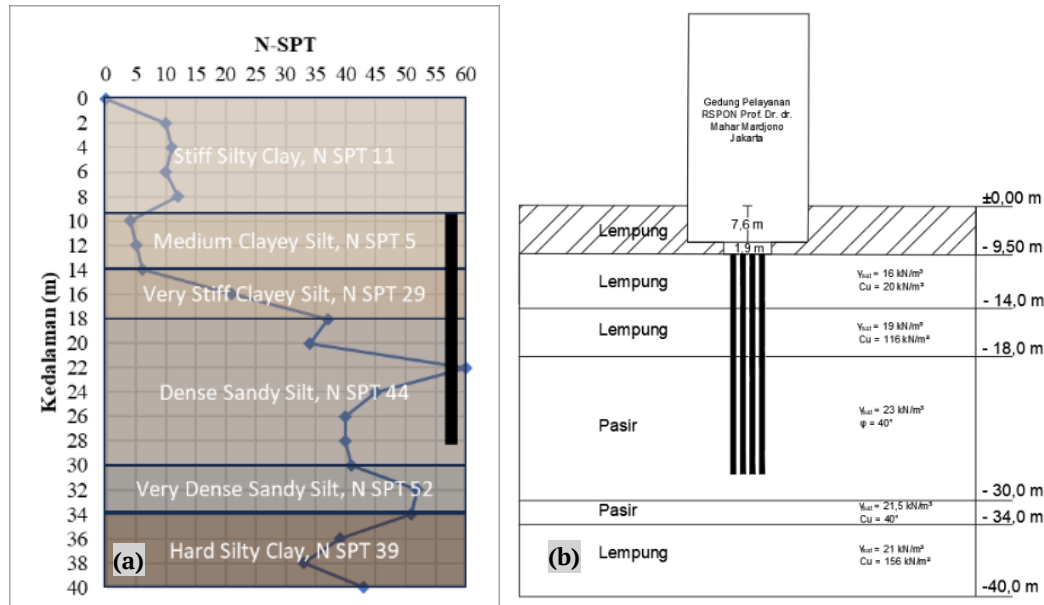
Penelitian mengenai evaluasi kebutuhan jumlah tiang fondasi pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit di Jakarta Timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik bor BH-11, stratifikasi tanah terbagi menjadi enam lapisan. Lapisan tersebut didominasi oleh tanah lempung dengan konsistensi *medium* hingga *stiff to very stiff* kemudian

tanah pasir dengan konsistensi *dense to very dense*. Data SPT digunakan sebagai dasar dalam interpretasi kondisi tanah, melalui pendekatan korelasi empiris dan nilai-nilai tipikal untuk memperoleh parameter geoteknik yang mewakili karakteristik tanah. Stratifikasi tanah hasil pengujian SPT ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Stratifikasi tanah BH-11 dan (b) elevasi pembenaman tiang pancang

Terdapat perbedaan elevasi dasar galian dengan elevasi lokasi penyelidikan tanah seperti pada Gambar 2. Kedalaman *basement* sebesar 7.6 m dengan ketebalan *pile cap* sebesar 1,9 m. Oleh karena itu, elevasi penyelidikan tanah dilakukan pada kedalaman 9,5 m. Kelompok tiang dimodelkan dengan diameter 0,6 m dan panjang total 19 m, sehingga ujung tiang mencapai lapisan tanah berpasir pada kedalaman 28,5 m.

Parameter tanah dasar ditentukan berdasarkan klasifikasi jenis tanah yang telah diidentifikasi pada Gambar 2. Analisis dilakukan pada kedalaman awal tiang, yaitu 9,5 m dari permukaan tanah, yang merupakan titik awal penetrasi tiang setelah mempertimbangkan kedalaman galian dan ketebalan *pile cap*. Parameter geoteknik yang digunakan dalam analisis kapasitas dukung aksial dan lateral tiang pancang disajikan pada Tabel 1. Data tersebut diperoleh melalui interpretasi hasil uji tanah dan korelasi empiris, serta digunakan sebagai *input* dalam *software* analisis fondasi.

Tabel 1 Parameter tanah BH-11

Parameter		Kedalaman (m)				
		0 - 4,5	4,5 - 8,5	8,5 - 20,5	20,5 - 24,5	24,5 - 30,5
N-SPT		5	29	44	52	39
Konsistensi		<i>Medium</i>	<i>Very Stiff</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>	<i>Hard</i>
Berat Isi Tanah Tersaturasi (kN/m ³)	γ_{sat}	16,00	19,000	23	21,5	20,000
Berat Isi Tanah Normal (kN/m ³)	γ	16,00	19,000	21	19,0	20,000
Berat Isi Tanah Efektif (kN/m ³)	γ'	6,00	9,000	13	12,0	10,000
Kohesi (kN/m ²)	C_u	20,00	116,000	-	-	156,000
Sudut Geser (°)	ϕ	-	-	40	40,0	-
Koefisien Tekanan Tanah Lateral	K_o	-	-	1	1,0	-
Faktor Daya Dukung Ujung	N_q	-	-	32	40,0	-
<i>Strain Factor</i>	ϵ_{50}	0,01	0,007	-	-	0,005
Modulus Tanah Lateral	k	27.150,00	136.000,000	33.900	33.900,0	271.000,000
Faktor Adhesi	α	1,00	0,600	-	-	0,500

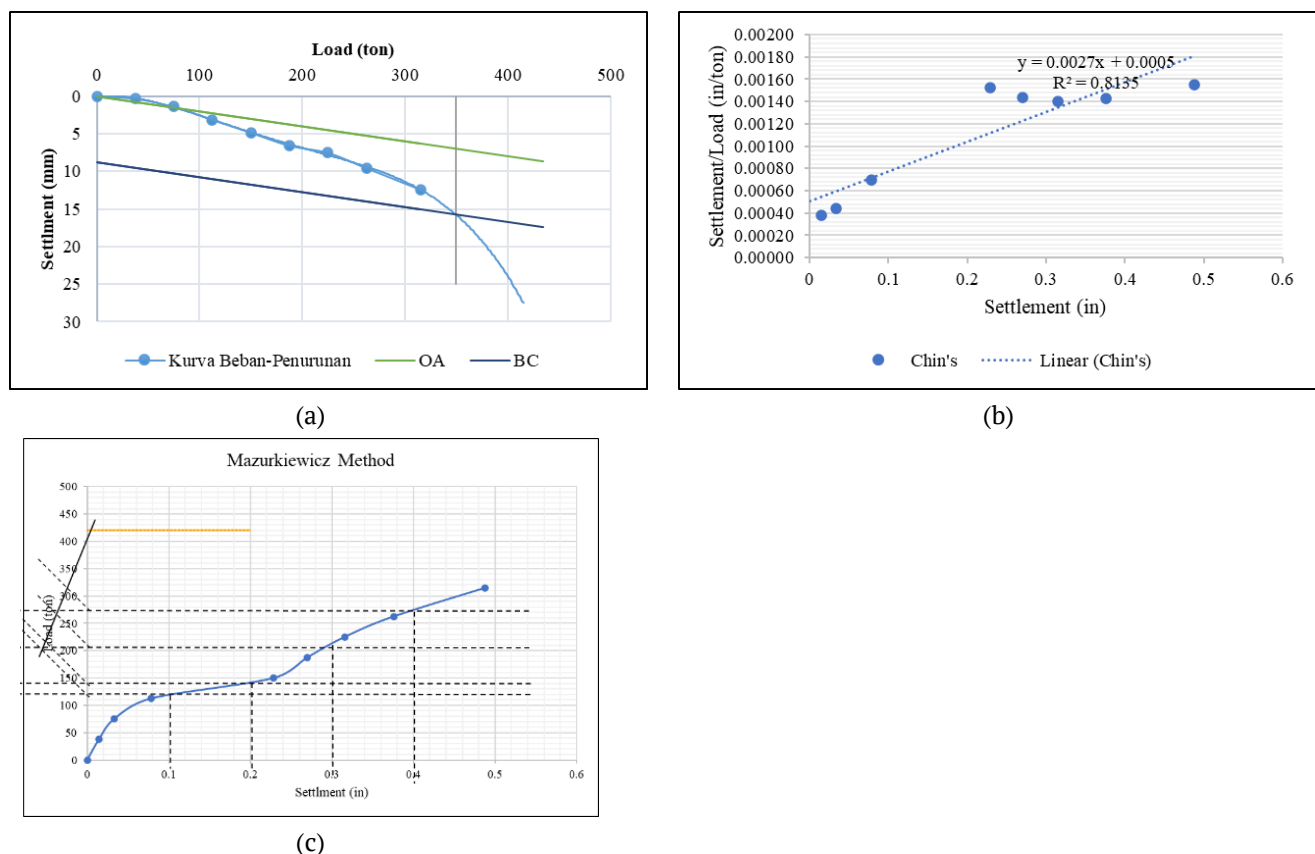
Hasil uji tiang pancang berupa *Static Loading Test* (SLT) aksial dan lateral yang dilakukan untuk mengevaluasi daya dukung tiang. Pengujian *Static Loading Test* merupakan metode untuk menentukan kapasitas beban atau daya dukung ultimit tiang yang dibebani dengan beban tertentu secara bertahap tanpa mengalami kerusakan atau penurunan yang berlebihan. Hasil uji *Static Loading Test* akan diinterpretasi menjadi grafik dengan metode Davisson, Chin, dan metode Mazurkiewicz untuk *axial load test*, dan metode *p-y curve* untuk *lateral load test*. Pengujian pembebanan statik lateral (*lateral static loading test*) pada fondasi tiang dilakukan berdasarkan (ASTM, 2007; 2013; Sarifah, Tanjung and Marpaung, 2025) untuk pengujian pembebanan statik aksial (Luthfi and Suhardi, 2023).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daya Dukung Aksial

3.1.1 Axial Static Loading Test

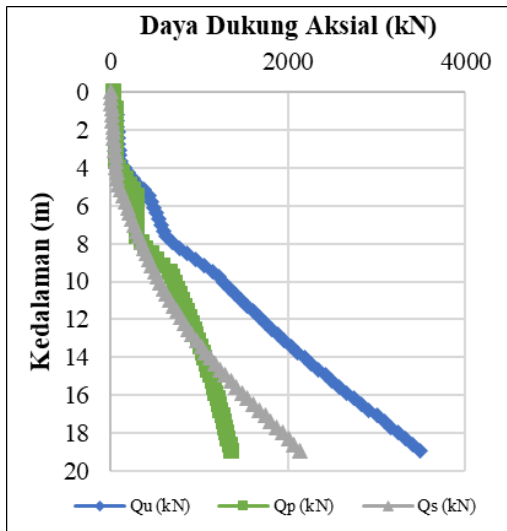
Uji pembebanan statik aksial dilakukan dengan menganalisis hubungan antara beban dan penurunan tiang untuk menentukan kapasitas daya dukung ultimit. Pengujian *Static Loading Test* dilakukan pada tiang pancang berdiameter 0,6 m dengan panjang tiang 19 m. Interpretasi uji pembebanan statis menggunakan metode Davisson, Chin, dan Mazurkiewicz, digunakan untuk mendapatkan kapasitas daya dukung tiang dari grafik beban-penurunan pada Gambar 3. Interpretasi hasil uji pembebanan statik aksial dilakukan dengan tiga metode, yaitu metode Davisson dengan nilai daya dukung ultimit sebesar 3.500 kN, metode Chin dengan nilai daya dukung ultimit sebesar 3.700 kN, serta metode Mazurkiewicz yang menghasilkan nilai sebesar 4.200 kN.



Gambar 3. Interpretasi *axial static load test* (a) Davisson, (b) Chin, (c) Mazurkiewicz

3.1.2 Analisis Software Aksial Tiang

Analisis tiang tunggal menghasilkan grafik daya dukung ujung, daya dukung selimut, dan kapasitas ultimit. Pada kedalaman 19 m, kapasitas total mencapai 3.488,7 kN, yang merupakan hasil akumulasi dari dua komponen utama yaitu, daya dukung selimut tiang sebesar 2.135,8 kN dan daya dukung ujung tiang sebesar 1.352,9 kN. Distribusi ini mencerminkan kontribusi yang seimbang antara mekanisme gesekan sepanjang batang tiang dan tahanan ujung terhadap daya dukung aksial secara keseluruhan (Gambar 4).



Gambar 4. Daya dukung aksial terhadap kedalaman pada *software* aksial tiang

3.1.3 Metode Analitik

Analisis kapasitas daya dukung tiang pancang secara analitik menggunakan metode API RP2A bertujuan untuk memperoleh nilai daya dukung ultimit dengan perhitungan daya dukung selimut dan daya dukung ujung tiang. Tipe fondasi yang digunakan yaitu tiang pancang beton dengan diameter 0,6 m dan panjang 19 m, sesuai dengan spesifikasi tiang dalam uji pembebanan statik dan *software* Aksial Tiang. Nilai daya dukung tanah dengan metode API RP2A dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) untuk tanah lempung dan Persamaan (2) untuk tanah pasir.

$$Q_u = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_p + \sigma'_v \cdot K_0 \cdot \tan(\phi - 5) \cdot A_s \quad (1)$$

$$Q_u = 9 \cdot C_u \cdot A_p + \alpha \cdot C_u \cdot A_s \quad (2)$$

Tabel 2. Rekapitulasi daya dukung aksial metode analitik

Lapisan	Kedalaman (z) (m)			Q _p kN	Q _s kN	Q _u kN	Q _{all} kN
1	0,0	-	0,0	50,89	169,65	220,54	88,22
2	0,0	-	4,5	295,18	606,96	902,14	360,86
3A	4,5	-	19,0	1.198,94	2.443,38	3.642,33	1.456,93
3B	19,0	-	20,5	1.914,99	2.767,97	5.881,91	2.352,76
4	20,5	-	24,5	2.770,04	3.633,55	6.403,58	2.561,43
5	24,5	-	30,5	396,97	4.515,70	4.912,68	1.965,07

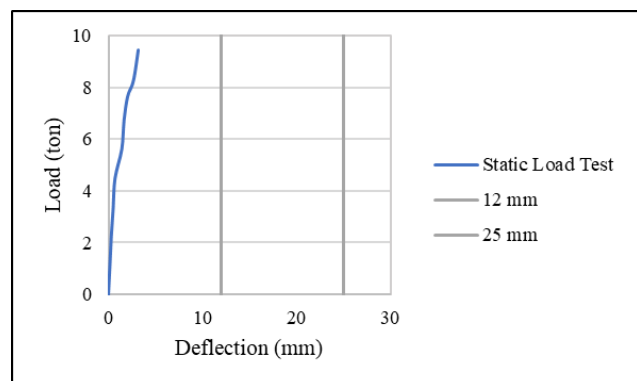
Berdasarkan hasil analisis Tabel 2, kapasitas dukung aksial tiang tunggal dengan panjang 19 meter, diperoleh nilai daya dukung ultimit sebesar 3.642,33 kN. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan (FK) sebesar 2,5, maka daya dukung izin tiang pancang ditetapkan sebesar 1.456,93 kN.

3.2 Daya Dukung Lateral

3.2.1 Lateral Static Loading Test

Pengujian pembebanan lateral statik dilaksanakan dengan mengevaluasi keterkaitan antara gaya yang diberikan dan defleksi yang terjadi pada tiang, guna menentukan kapasitas dukung lateral serta perilaku deformasi tiang terhadap beban horizontal. Pengujian *Static Loading Test* dilakukan pada tiang pancang dengan diameter 0,6 m dengan panjang total tiang 19 m. Interpretasi uji pembebanan statik menggunakan metode p-y didapatkan defleksi lateral maksimum yang terjadi

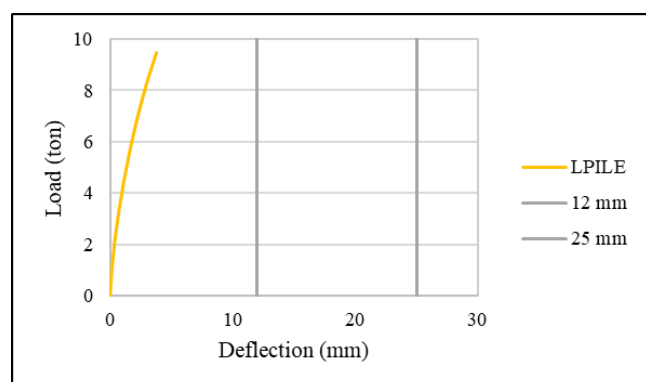
sebesar 3,08 mm pada beban 9,45 ton, nilai ini masih jauh lebih kecil dibandingkan defleksi izin sebesar 25 mm (Gambar 5). Maka dinyatakan tiang mampu menahan beban tersebut tanpa melebihi batas deformasi yang diizinkan, sehingga kapasitas daya dukung lateral tiang dapat dinyatakan lebih besar dari 9,45 ton atau 94,5 kN.



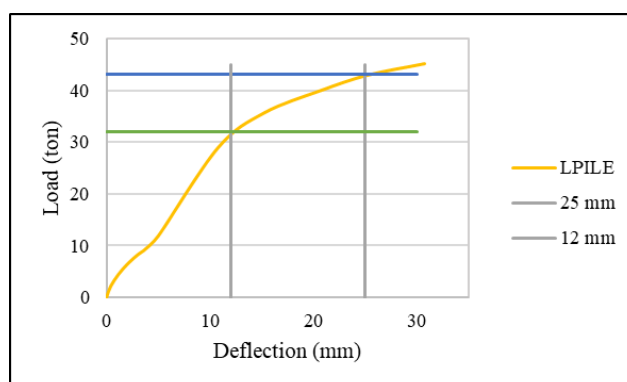
Gambar 5. *Lateral static load test*

3.2.2 Analisis Software Lateral Tiang

Tiang dimodelkan hingga dalam *software* Lateral Tiang dengan panjang tiang 19 m mencapai tanah pasir. Analisis menggunakan *software* Lateral Tiang adalah metode yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan tiang pancang menahan beban lateral berdasarkan interaksi antara tanah dan struktur. Hasil dari pemodelan ini berupa grafik beban-defleksi, di mana tiang tunggal mampu menahan beban lateral sebesar 9,45 ton atau 94,5 kN dengan defleksi maksimal 3,8 mm yang secara signifikan lebih kecil dibandingkan dengan batas defleksi yang diizinkan, yaitu 25 mm. Analisis menggunakan *software* Lateral Tiang menghasilkan estimasi kapasitas daya dukung izin tiang berdasarkan nilai defleksi lateral. Pada defleksi sebesar 12 mm, diperoleh nilai daya dukung izin sebesar 32 ton atau 320 kN, sedangkan pada defleksi sebesar 25 mm, daya dukung izin meningkat menjadi 43 ton atau 430 kN (Gambar 6).



(a)



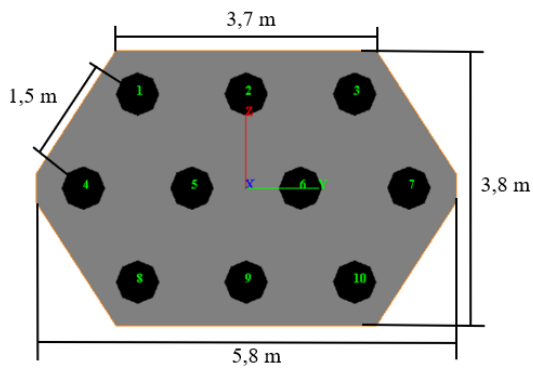
(b)

Gambar 6 Analisis *software* lateral tiang (a) interpretasi *lateral static load test*, (b) kapasitas daya dukung izin

3.3 Evaluasi Kelompok Tiang

Analisis kelompok tiang menggunakan *software* Kelompok Tiang, digunakan untuk menganalisis respons kelompok tiang terhadap reaksi aksial, beban lateral dan momen. Berdasarkan hasil pemodelan, diperoleh kapasitas dukung aksial ultimit sebesar 3.488,7 kN. Dengan menerapkan faktor keamanan sebesar 2,5, maka kapasitas dukung izin tiang kelompok ditetapkan sebesar 1.395,5 kN. Evaluasi struktur tiang juga mempertimbangkan batas kapasitas momen retak, yaitu 170 kNm, sehingga nilai momen yang terjadi harus berada di bawah ambang batas tersebut untuk menjaga integritas struktural. Selain itu, defleksi lateral dianalisis dan dibandingkan terhadap batas izin sebesar 25 mm, sesuai dengan ketentuan teknis dan standar desain yang berlaku.

3.3.1 Evaluasi dengan Menggunakan Konfigurasi 10 Tiang (P10)



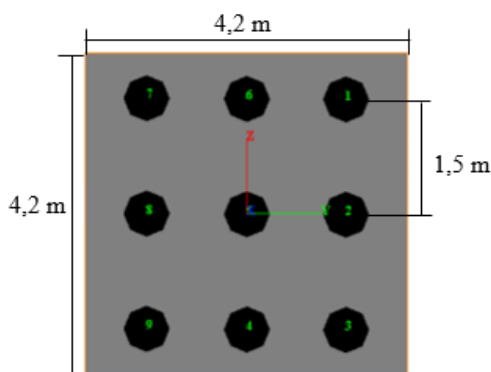
Gambar 7. Konfigurasi kelompok tiang P10

Konfigurasi kelompok tiang P10 terdiri atas 10 tiang *spun pile*, dengan *pile cap* yang membentuk bidang oktagonal sesuai dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil evaluasi *pile cap* P10 disajikan pada Tabel 3, diperoleh reaksi aksial maksimum sebesar 1.092,9 kN, defleksi maksimum sebesar 0,036 mm, dan momen sebesar 7,6 kNm. Seluruh nilai tersebut berada dalam batas aman, sehingga konfigurasi kelompok tiang P10 dinyatakan aman secara struktural (Tabel 3).

Tabel 3. Evaluasi hasil analisis *software* kelompok tiang pada *pile cap* P10

No. Tiang	Daya Dukung Aksial kN	Daya Dukung Izin kN	Beban Aksial kN	Rasio Reaksi	Cek	Momen Crack kNm	Momen yang Terjadi kNm	Cek	Defleksi mm	Defleksi yang Terjadi mm	Cek
1			1.071,7	1,30	Oke		7,309	Oke		0,036	Oke
2			1.080,6	1,29	Oke		6,248	Oke		0,036	Oke
3			1.089,4	1,28	Oke		6,295	Oke		0,036	Oke
4			1.069,0	1,31	Oke		7,589	Oke		0,036	Oke
5	3488,7	1395,5	1.077,9	1,29	Oke	170	6,076	Oke	25	0,036	Oke
6			1.086,8	1,28	Oke		5,620	Oke		0,036	Oke
7			1.095,7	1,27	Oke		6,446	Oke		0,036	Oke
8			1.075,1	1,30	Oke		7,635	Oke		0,037	Oke
9			1.084,1	1,29	Oke		6,760	Oke		0,037	Oke
10			1.092,9	1,28	Oke		6,873	Oke		0,037	Oke

3.3.2 Evaluasi dengan Menggunakan Konfigurasi 9 Tiang (P9)



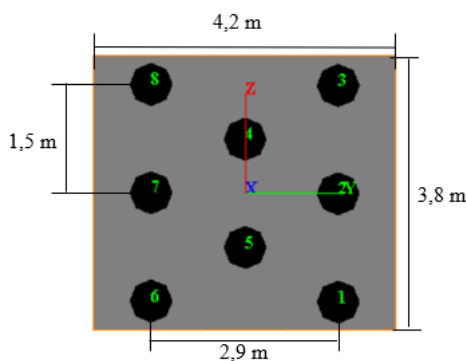
Gambar 8. Konfigurasi kelompok tiang P9

Konfigurasi kelompok tiang P9 terdiri atas 9 tiang *spun pile*, dengan *pile cap* yang membentuk persegi sesuai dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil evaluasi *pile cap* P9 disajikan pada, diperoleh reaksi aksial maksimum sebesar 1225,4 kN, defleksi maksimum sebesar 0,015 mm, dan momen sebesar 8,6 kNm. Seluruh nilai tersebut berada dalam batas aman, sehingga konfigurasi kelompok tiang P9 dinyatakan aman secara struktural (Tabel 4).

Tabel 4. Evaluasi hasil analisis *software* kelompok tiang pada *pile cap* P9

No. Tiang	Daya Dukung Aksial kN	Daya Dukung Izin kN	Beban Aksial kN	Rasio Reaksi	Cek	Momen Crack kNm	Momen yang Terjadi kNm	Cek	Defleksi mm	Defleksi yang Terjadi mm	Cek
1			1.221,2	1,14	Oke		8,591	Oke		0,014	Oke
2			1.223,3	1,14	Oke		8,580	Oke		0,014	Oke
3			1.225,4	1,14	Oke		8,569	Oke		0,014	Oke
4			1.204,8	1,16	Oke		8,570	Oke		0,014	Oke
5	3.488,7	1.395,5	1.202,6	1,16	Oke	170	8,580	Oke	25	0,014	Oke
6			1.200,5	1,16	Oke		8,591	Oke		0,014	Oke
7			1.179,6	1,18	Oke		8,592	Oke		0,015	Oke
8			1.181,7	1,18	Oke		8,581	Oke		0,015	Oke
9			1.183,9	1,18	Oke		8,570	Oke		0,015	Oke

3.3.3 Evaluasi dengan Menggunakan Konfigurasi 8 Tiang (P8)



Gambar 9. Konfigurasi kelompok tiang P8

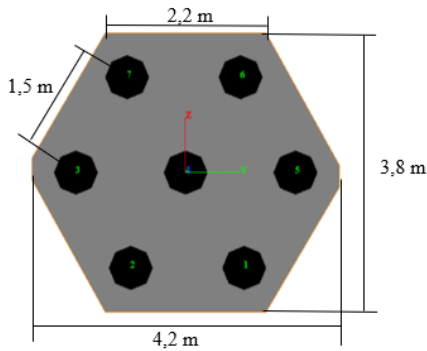
Konfigurasi kelompok tiang P8 terdiri atas 8 tiang *spun pile*, dengan *pile cap* yang membentuk persegi sesuai dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil evaluasi *pile cap* P8 disajikan pada, diperoleh reaksi aksial maksimum sebesar 1.374,3 kN, defleksi maksimum sebesar 0,033 mm, dan momen sebesar 13,3 kNm. Seluruh nilai tersebut berada dalam batas aman, sehingga konfigurasi kelompok tiang P8 dinyatakan aman secara struktural (Tabel 5).

Tabel 5. Evaluasi hasil analisis kelompok tiang pada *pile cap* P8

No. Tiang	Daya Dukung Aksial kN	Daya Dukung Izin kN	Beban Aksial kN	Rasio Reaksi	Cek	Momen Crack kNm	Momen yang Terjadi kNm	Cek	Defleksi mm	Defleksi yang Terjadi mm	Cek
1			1.374,3	1,020	Oke		13,196	Oke		0,028	Oke
2			1.371,4	1,018	Oke		12,683	Oke		0,028	Oke
3	3.488,7	1.395,5	1.368,6	1,020	Oke	170	13,305	Oke	25	0,028	Oke
4			1.351,5	1,033	Oke		11,880	Oke		0,031	Oke
5			1.354,4	1,030	Oke		12,243	Oke		0,031	Oke

No. Tiang	Daya Dukung Aksial kN	Daya Dukung Izin kN	Beban Aksial kN	Rasio Reaksi	Cek	Momen Crack kNm	Momen yang Terjadi kNm	Cek	Defleksi mm	Defleksi yang Terjadi mm	Cek
6			1.337,1	1,044	Oke		12,929	Oke		0,033	Oke
7			1.334,3	1,046	Oke		12,138	Oke		0,033	Oke
8			1.331,4	1,048	Oke		12,711	Oke		0,033	Oke

3.3.4 Evaluasi Dengan Menggunakan Konfigurasi 7 Tiang (P7)



Gambar 10. Konfigurasi Kelompok Tiang P7

Konfigurasi kelompok tiang P7 terdiri atas 7 tiang *spun pile*, dengan *pile cap* yang membentuk persegi sesuai dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil evaluasi *pile cap* P7 disajikan pada, diperoleh reaksi aksial maksimum sebesar 1.566,3 kN, defleksi maksimum sebesar 0,038 mm, dan momen sebesar 13,7 kNm. Data tersebut menunjukkan bahwa pada setiap tiang beban aksial yang terjadi melebihi daya dukung izin, sehingga *pile cap* P7 dinyatakan tidak aman secara struktural terhadap beban aksial. Namun, nilai defleksi dan momen lentur masih berada dalam batas yang dapat diterima, kondisi tersebut tidak cukup untuk menjamin kelayakan struktural secara menyeluruh. Oleh karena itu, *pile cap* P7 tidak direkomendasikan dalam desain akhir (Tabel 6).

Tabel 6. Evaluasi hasil analisis *software* kelompok tiang pada *pile cap* P7

No. Tiang	Daya Dukung Aksial kN	Daya Dukung Izin kN	Beban Aksial kN	Rasio Reaksi	Cek	Momen Crack kNm	Momen yang Terjadi kNm	Cek	Defleksi mm	Defleksi yang Terjadi mm	Cek
1			1.558,8	0,90	Tidak Oke		13,719	Oke		0,029	Oke
2			1.538,0	0,91	Tidak Oke		13,631	Oke		0,035	Oke
3			1.526,0	0,91	Tidak Oke		13,563	Oke		0,038	Oke
4	3.488,7	1.395,5	1.546,1	0,90	Tidak Oke	170	12,431	Oke	25	0,032	Oke
5			1.566,3	0,89	Tidak Oke		13,706	Oke		0,027	Oke
6			1.554,3	0,90	Tidak Oke		13,183	Oke		0,030	Oke
7			1.533,5	0,91	Tidak Oke		13,050	Oke		0,036	Oke

Hasil percobaan model di atas menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah tiang maka kapasitas kelompok tiang juga akan semakin meningkat. Selain itu, menurut (He et al., 2025; Qian et al., 2025) kapasitas dukung tiang juga dipengaruhi oleh panjang tiang dan spasi kelompok tiang yang digunakan. Berdasarkan hal-hal tersebut kemudian dalam perencanaan menjadi sangat penting melakukan percobaan konfigurasi tiang untuk memperoleh desain fondasi yang efektif.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kapasitas dukung aksial menggunakan *software* Aksial Tiang, diperoleh nilai daya dukung ultimit sebesar 3488,7 kN, dengan faktor keamanan (FK) sebesar 2,5 maka daya dukung izin tiang pancang sebesar 1395,5 kN. Evaluasi struktur tiang juga mempertimbangkan batas kapasitas momen lentur maksimum sebesar 170 kNm, serta batas defleksi lateral sebesar 25 mm. Analisis konfigurasi kelompok tiang dilakukan menggunakan *software* Kelompok Tiang untuk mengevaluasi respons terhadap beban aksial, momen, dan defleksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa konfigurasi kelompok tiang sebanyak 10, 9, dan 8 tiang memenuhi kriteria keamanan, karena nilai-nilai respons yang dihasilkan masih berada dalam batas yang diizinkan. Sebaliknya, konfigurasi dengan 7 tiang dinyatakan tidak memenuhi syarat keamanan, karena beban aksial yang diterima oleh masing-masing tiang melebihi nilai daya dukung izin yang telah ditetapkan.

REFERENSI

- Ahmed, Z., Hore, S., Ansary, M., Hore, R. and Ansary, M.A., 2025. Comparative Evaluation of Pile Load Capacity Using Static and Dynamic Tests. *Geotechnical and Geological Engineering*, 43(6), p.239. <https://doi.org/10.1007/s10706-025-03205-z>.
- ASTM, 2007. *ASTM D3966 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Lateral Load*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D3966-07>.
- ASTM, 2013. *ASTM D1143 Standard test method for deep foundations under static axial compressive load*. ASTM International.
- Das, B.M. and Sivakugan, N., 2018. *Principles of foundation engineering*. Boston: Cengage learning.
- He, D., Cheng, Y., Liu, H. and Lin, H., 2025. Pile–Soil Interaction and Group Pile Effect in Composite Foundation Under Different Pile Length Conditions. *Buildings*, 15(8), p.1248. <https://doi.org/10.3390/buildings15081248>.
- Kusuma, K.I., Kurniawan, V.R. and Budi, G.S., 2022. Perbandingan Komponen Daya Dukung Pondasi Tiang Antara Hasil Static Load Test (SLT) dan Pile Driving Analyzer (PDA). *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, [online] 11(2), pp.115–122. Available at: <<https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/12912>>.
- Luthfi, M.N.Q. and Suhardi, D., 2023. Pengujian Pembebanan Statis (Tes Axial) dan Dinamis (PDA). *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia UMM*, [online] 3(2), pp.68–75. Available at: <<https://research-report.umm.ac.id/index.php/psppi/article/view/128/106>>.
- Qian, Y., Li, H., Tian, W., Yu, H., Zhang, Y., Guan, M. and Ma, Z., 2025. Effect of Pile Spacing on Load Bearing Performance of NT-CEP Pile Group Foundation. *Buildings*, 15(9), p.1404. <https://doi.org/10.3390/buildings15091404>.
- Sarifah, F., Handiman, I. and Gusnadi, Z., 2023. Prinsip Penentuan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal Berdasarkan Metode Analitik Rasional. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 4(2), pp.74–87. <https://doi.org/10.37058/aks.v4i2.6534>.
- Sarifah, J., Tanjung, D. and Marpaung, T.R., 2025. Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Berdasarkan Data N-SPT pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Indrapura-Kisaran. *Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), pp.23–29. <https://doi.org/10.30743/jtsip.v4i1.11547>.