



Perencanaan Pondasi Tiang Pancang pada Hotel 5 Lantai di Magelang

Sapta Setiawan^{a*}, Ahmad Ginanjar^b, Nur Fithriani Fatma Cholida^c, Anik Kustirini^d, Hani Purwanti^e

^{a,b,c,d,e} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Semarang, Jl. Soekarno-Hatta, Tlogosari, Semarang

*Corresponding author, email: septa8377@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 3, 2024

Revised January 28, 2024

Accepted January 30, 2024

Available online January 31, 2024

Keywords:

Dynamic Response

Pile Foundation

Planning

Precast Concrete

Structural System

ABSTRACT

Magelang City, as a prominent tourist destination frequently visited by both domestic and international travelers, requires adequate facilities and infrastructure to support visitor accommodation. This study focuses on the foundation design of a five-story hotel in Magelang Regency, where pile foundations were selected as the structural system. Precast concrete piles were manufactured in factories and transported to the project site for installation. The research employed both qualitative and quantitative approaches, including literature review, expert interviews, and analysis of completed project cases. The calculation results indicate that the reinforcement requirements are 25,747.4 kg for Type 1 pile foundations and 44,342.4 kg for Type 2 pile foundations, with a total of 70,089.8 kg. Type 1 foundations measure 3.6 m × 3.6 m × 0.8 m with a depth of 1 m, while Type 2 foundations measure 3.6 m × 5.4 m × 0.8 m with the same depth. Future research is recommended to investigate the dynamic response of pile caps and piles under seismic loads.

© 2024 IJCES. Publishing Services by Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Semarang.

1. Pendahuluan

Kabupaten Magelang kota kecil yang terletak di provinsi Jawa Tengah. Kawasan mega urban Magelang terdiri dari Purwomanggung (Boyolali, Purworejo, Kulon Progo, Kabupaten Magelang). Kabupaten Magelang mempunyai penduduk yang besar mencapai 2 juta jiwa. Kota Magelang juga sebagai kota wisatawan yang juga banyak dikunjungi wisatawan mancanegara maupun wisatawan asing, sehingga sarana dan prasarana penduduk sangat dibutuhkan untuk akomodasi para pengunjung. Pertumbuhan pengunjung yang berada di Magelang tentu menambah kebutuhan Hotel sebagai tempat penginapan dan beristirahat sementara. Dengan demikian kebutuhan hotel harus dipenuhi dengan memperbanyak jumlah Hotel yang berada di Kota Magelang.

Akibatnya, ada peningkatan kebutuhan akan fasilitas penginapan, terutama untuk hotel yang bersih, aman, terencana dengan baik, dan berlokasi strategis. Jumlah orang asing yang bepergian ke wilayah tersebut meningkat. Semakin banyak wisatawan yang berkunjung ke daerah Magelang kebutuhan akan layanan kamar hotel menjadi semakin jelas. Semakin banyak permintaan untuk kamar hotel yang dibuat, oleh karena itu di rencanakan proyek pembangunan hotel di Kabupaten Magelang. Proses konstruksi harus sesuai dengan SNI 1727:2020, sedangkan proses perancangan struktur bangunan harus sesuai dengan SNI 2847:2019, yang merupakan peraturan baru yang memperhitungkan teknologi modern. Selain itu, pada gempa rekayasa perhitungan, diperlukan referensi SNI 1726:2019 (De Jesus, 2023).

Tujuan dari perencanaan struktur adalah untuk menciptakan struktur yang stabil, kuat, mampu menahan kesulitan, dan memenuhi tujuan lain seperti ekonomi dan praktis. (Azhar Bahri, 2020) Sebuah



struktur dikatakan stabil jika material di dalamnya tidak sulit untuk bergerak, melorot, atau bahkan pecah selama proses konstruksi yang sedang dilakukan. Untuk mencapai tujuan tersebut, perencanaan struktural harus mematuhi peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah, yang dikenal sebagai Standar Nasional Indonesia (SNI). (R. Putri & Supriadi, 2020) Perencanaan Struktur Hotel di Kota Magelang berisi tentang pembahasan perencanaan konstruksi gedung dengan ilmu yang menunjang dan di mulai dari tahapan pra-desain, perencanaan sehingga konstruksi

Permasalahan utama dalam perencanaan struktur hotel lima lantai di Kabupaten Magelang mencakup berbagai aspek teknis yang harus dipertimbangkan secara matang. Salah satu aspek terpenting adalah bagaimana merencanakan struktur bawah, yaitu pondasi yang harus mampu mendukung beban keseluruhan bangunan secara aman. Pondasi ini harus dirancang sedemikian rupa agar dapat menahan beban vertikal dan horizontal, serta beban gempa yang mungkin terjadi. Selain itu, perencanaan struktur atas yang terdiri dari kolom, balok, plat, dan atap juga harus mematuhi standar stabilitas dan keselamatan sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI). Dalam merancang struktur bangunan, aspek estetika juga tidak boleh diabaikan. Struktur bangunan harus dirancang agar tidak hanya kuat dan aman tetapi juga memiliki nilai estetika yang dapat menarik pengunjung.

Pertanyaan yang dihadapi dalam perencanaan ini meliputi bagaimana proses perencanaan hotel dilakukan, standar dan acuan apa saja yang harus digunakan, serta bagaimana menentukan kelayakan penggunaan perencanaan tersebut. Proses perencanaan hotel melibatkan beberapa tahapan mulai dari survei lapangan, analisis tanah, hingga pemilihan metode konstruksi yang tepat. Standar dan acuan yang menggunakan perencanaan ini harus mengacu pada SNI dan pedoman teknis lainnya yang relevan, seperti standar perencanaan ketahanan gempa dan pedoman teknis perencanaan bangunan tinggi. Kelengkapan dan keakuratan data yang dikumpulkan selama tahap survei dan analisis sangat menentukan kelayakan perencanaan yang akan dibuat. Pertanyaan kelayakan ini juga mencakup analisis biaya, durasi pembangunan, dan dampak lingkungan yang harus diatasi.

Tujuan utama dari perencanaan struktur hotel lima lantai ini adalah untuk menyediakan gambaran perhitungan gedung bertingkat struktur yang sesuai dengan standar SNI dan gempa. Dengan demikian, bangunan yang dirancang tidak hanya aman tetapi juga sesuai dengan regulasi yang berlaku di Indonesia. Selain itu, tujuan lainnya adalah untuk mendukung pariwisata di Kabupaten Magelang dengan menyediakan fasilitas perhotelan yang nyaman dan memadai. Hotel ini diharapkan dapat memberikan kenyamanan bagi para wisatawan yang berkunjung ke Magelang, sehingga dapat meningkatkan jumlah kunjungan wisata dan berdampak positif terhadap perekonomian daerah. Pembangunan hotel yang direncanakan dengan baik akan mampu menampung lebih banyak wisatawan dan memberikan kontribusi signifikan dalam mengembangkan sektor pariwisata di Kabupaten Magelang.

Pada perencanaan hotel lima lantai di Kabupaten Magelang ini untuk struktur pondasinya akan direncanakan pondasi jenis tiang pancang. Pondasi adalah elemen struktural yang sangat penting dalam konstruksi bangunan, karena bertanggung jawab untuk mentransfer beban dari struktur atas ke tanah di bawahnya (Aisah & Dhiniati, 2023). Salah satu jenis pondasi yang umum digunakan adalah pondasi tiang pancang atau pile foundation (Wiratmoko et al., 2019a). Dalam pondasi ini, pile cap adalah komponen kunci yang berfungsi untuk menghubungkan beberapa tiang pancang sehingga beban dapat didistribusikan secara merata. Pile cap atau kepala tiang pancang merujuk pada sebuah struktur beton bertulang yang ditempatkan di atas ujung tiang pancang dalam fondasi bangunan. Pile cap merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk mengikat fondasi sebelum didirikan kolom di bagian atasnya sehingga kolom berada tepat di titik pusat fondasi, pondasi tiang pancang digunakan jika kondisi tanah keras atau daya dukung tanah yang cukup terletak sangat dalam (E. A. Putri et al., 2023).

Fungsi utama dari pile cap adalah untuk mendistribusikan beban dari struktur atas ke tiang pancang di bawahnya (Simalango et al., 2021). Pile cap memastikan bahwa beban yang diterima oleh tiang pancang tidak terlalu besar dan tersebar merata. Ini sangat penting untuk menghindari kegagalan struktural. Proses konstruksi pile cap dimulai dengan pemasangan tiang pancang sesuai dengan desain yang telah ditentukan.

Setelah tiang pancang terpasang, bekisting dipasang di sekitar area yang akan dibeton. Kemudian, baja tulangan dipasang dan diikat sesuai dengan gambar kerja. Terakhir, beton dituangkan ke dalam bekisting dan dibiarkan mengeras. Desain pile cap harus mempertimbangkan beberapa faktor, seperti jumlah tiang pancang yang diperlukan, jarak antar tiang, dan kekuatan material yang digunakan (Ardiansyah et al, 2021).

Ada dua jenis kolam konstruksi: dalam dan dangkal (Gazali et al., 2022) Jenis pondasi tergantung pada jenis struktur dan letak pada tanah yang relatif gersang. Saat membangun struktur menggunakan ringan dan tanah dalam kondisi yang cocok untuk redaman, biasanya digunakan damping pondasi. Pilihan pondasi untuk bangunan dengan atap tinggi (high-rise building) dan tanah yang hampir rata adalah pondasi yang dalam (tiang). Dalam proses pondasi, lebih penting untuk mempertimbangkan dan membatasi jumlah kapasitas dukung rencana yang harus dapat disediakan oleh setiap tiang. Untuk itu, perlu dilakukan pengecekan kapasitas dukung (Khomsiati et al., 2019) Untuk menentukan kapasitas tiang dukung pondasi, gunakan tiga metode. Metode pertama menggunakan uji pemuatan statis (SLT); yang kedua menggunakan prinsip pemuatan statis; yang ketiga menggunakan pemuatan dinamis, atau yang biasa disebut sebagai *Pile Driving Analyzer* (PDA)

pemilihan jenis pondasi tiang pancang karena hotel di provinsi Magelang yang memiliki struktur dengan lima tingkat dan lebih praktis dan efisien dalam operasionalnya. Pondasi gedung hotel di Kabupaten Magelang ini dapat dijadikan titik awal pembangunan hotel yang belum dimulai karena adanya awal pondasi yang telah direncanakan sesuai dengan pedoman Standar Indonesia (SNI).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif melibatkan studi literatur, wawancara dengan ahli konstruksi, dan analisis kasus proyek yang sudah selesai. Pendekatan kuantitatif melibatkan pengumpulan data melalui eksperimen laboratorium, simulasi komputer, dan pengukuran di lapangan. Kombinasi kedua pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang kinerja dan desain pile cap (Firmansyah et al., 2021).

Pondasi adalah struktur konstruksi yang biasanya terdiri satu bahkan lebih dari elemen pondasi. Dalam hal ini, unsur pondasi adalah unsur transisi atau tegak lurus antara tanah atau batuan dengan struktur di atas (Wiratmoko et al., 2019b). Proses dalam memilih jenis pondasi, penentuan perletakkannya, penentuan ukuran / dimensi pondasi, serta melaksanakan proses konstruksi fisik objek semuanya termasuk dalam proses perancangan kolam. Pondasi terdiri dari dua jenis, sebagai berikut: pondasi dangkal: telapak, memanjang, dan rakit pondasi. Tiga jenis tambak di dalam adalah sumuran, tiang pancang, dan *bore pile* (Trinanda, 2021a).

Tanah mendukung pondasi, memiliki pemahaman bahwa menggunakan ekstraksi struktur dari pondasi sebuah bangunan berfungsi sebagai penghalang konstruksi selanjutnya. bentuk tanah antara lain: tanah berkerikil (*gravel*), pasir (*sand*), tanah lumpur (*sill*), dan tanah lempung (*clay*) (Trinanda, 2021b).

Tabel 1. Konsistensi Tanah menurut Luciano Decourt (1994)

Konsistensi tanah	Cu (Kg/cm ²)	SPT, N	Sondir, qn (Kg/cm ²)
Sangat lunak (very soft)	< 0.125	< 2.5	< 7.5
Lunak (soft)	0.125 - 0.25	2.5 – 5	7.5 – 15
Sedang (medium stiff)	0.25 - 0.5	5 – 10	15 – 30
Kaku (Stiff)	0.5 - 1.0	10 – 20	30 – 60
Sangat kaku (very stiff)	1.0 - 2.0	20 – 40	60 – 120
Keras (Hard)	> 2.0	> 40	> 120

(Sumber: Décourt, L., & Filho, 1994)

Biasanya, beton pracetak dibuat di pabrik (pabrikasi) dan kemudian diangkut ke lokasi proyek untuk memulai proses pemancangan. Kapasitas tiang pancang dapat diprediksi berdasarkan penelitian empiris yang ada dengan memanfaatkan data-data sifat mekanik tanah yang diperoleh dari data independen. Daya untuk dukung tanah digunakan untuk menghitung kapasitas besar pondasi yang akan dipilih, tetapi intensitas tanah keras digunakan untuk menentukan jenis pondasi yang akan digunakan, dan pemilihan pondasi terdiri daripada informasi penyelidikan tanah yang telah diperoleh. Kemudian, pilih jenis pondasi yang cocok. yang perlu dilakukan adalah jumlah tiang pada tutup tiang serta pengukurannya. Pondasi tiang pancang umum dipasang secara berkelompok, seperti panjang, lebar, dan tebal pile cap. Kelompok maksud adalah tiang yang ditumbuk dalam garis lurus dengan jarak saat ini dan kemudian dihaluskan dengan tutup tiang pancang.

Dalam proses pembuatan pondasi tiang pancang, penting untuk memahami berapa banyak tiang pancang yang diperlukan untuk membuat struktur beban maksimal yang dapat dibuat; jika tiang pancang pondasi tidak cukup kuat untuk menciptakan struktur beban maksimal yang dapat dibuat, maka pondasi tiang pancang grup dapat digunakan. Hubungan antara pancang dan grupnya berdampak pada kapasitas dukung daya. Umumnya, S dapat dibagi menjadi dua kategori: minimum $S = 2d$ dan minimum $S = 6d$. Menggunakan contoh fungsi tiang pancang: Minimum $S = 3d$ untuk tiang gesekan dan $S = 2,5d$ untuk tiang pancang bantalan ujung berdasarkan klasifikasi tanah: Jika Anda berada di lapisan tanah liat keras minimal $S = 3,5d$, dan jika Anda berada di lapisan padat minimal $S = 2d$.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perencanaan Struktur Pondasi

Proses perencanaan pondasi tiang pancang melibatkan berbagai langkah kritis yang meliputi evaluasi daya dukung tanah, analisis daya dukung pondasi, dan penentuan jumlah tiang yang diperlukan untuk mendukung struktur. Langkah pertama adalah mengevaluasi daya dukung tanah, yang bertujuan untuk memahami seberapa banyak beban yang dapat ditopang oleh tanah. Setelah itu, dilakukan analisis daya dukung pondasi untuk memastikan bahwa pondasi tersebut mampu mendukung beban yang akan diterima. Selanjutnya, ditentukan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan beban dan daya dukung pondasi. Desain pile cap juga menjadi bagian penting dalam perencanaan, karena pile cap berfungsi sebagai penghubung antara tiang-tiang pancang dan struktur di atasnya, sehingga harus dirancang dengan hati-hati untuk mendistribusikan beban secara merata. Penulangan pada pile cap juga direncanakan untuk memastikan kekuatan dan stabilitas struktur. Pembebanan pada pondasi yang direncanakan berasal dari beban kolom, yang kemudian dimasukkan sebagai data input ke dalam program analisis struktural SAP 2000 v.22.

3.2 Pedoman Perhitungan Pondasi

- a. SNI 2019 03-2847. Metode penguatan struktur beton untuk terowongan terkubur.
- b. Ir. Sardjono, Penerbit Sinar Wijaya: Surabaya, HS Pondasi Tiang Pancang Jilid 1 dan 2.

3.3 Perencanaan Pondasi

Dalam proses perencanaan pondasi menggunakan metode *end bearing pile* dan *friction pile*, tiang pancang jarang dirancang untuk berdiri sendiri, melainkan diatur dalam kelompok yang dikenal sebagai *pile group*, di mana beberapa tiang pancang dihubungkan bersama untuk menciptakan struktur yang lebih kuat dan stabil. Penentuan jarak antar tiang dalam kelompok ini tidak boleh kurang dari tiga kali diameter tiang, guna memastikan bahwa masing-masing tiang dapat berfungsi secara efektif tanpa mengganggu yang lain. Desain *pile cap*, yang merupakan bagian atas dari kelompok tiang pancang dan fungsinya untuk mendistribusikan beban dari struktur atas ke seluruh tiang pancang, direncanakan dengan mempertimbangkan jumlah tiang serta dimensi kolom yang didukung. Data- data perencanaan pondasi, seperti beban yang akan diterima, kondisi tanah, kapasitas daya dukung tiang, serta dimensi dan jarak antar tiang, dikumpulkan dan dianalisis untuk memastikan bahwa desain pondasi tersebut mampu menahan

beban dengan aman dan efisien sesuai dengan standar keamanan yang berlaku. Berikut dibawah adalah data-data perencanaan pondasi:

a. Data Tanah

Data tanah digunakan untuk perencanaan pondasi meliputi berbagai informasi penting yang disajikan dalam bentuk grafik bor log dan tabel hasil pengujian. Grafik bor log memberikan visualisasi dari lapisan-lapisan tanah yang ada di lokasi proyek, membantu dalam memahami struktur geologis di bawah permukaan. Tabel hasil pengujian melengkapi grafik ini dengan detail mengenai jenis lapisan tanah, ketebalan setiap lapisan, dan nilai *Standard Penetration Test* (SPT) yang mengukur kekuatan dan kepadatan tanah pada berbagai kedalaman. Selain itu, tabel tersebut juga mencantumkan kedalaman muka air tanah, yang merupakan informasi krusial untuk menentukan kedalaman pondasi dan mencegah masalah yang terkait dengan air tanah, seperti penurunan tanah dan efek negatif lainnya. Semua data ini dianalisis secara menyeluruh untuk memastikan bahwa pondasi yang direncanakan akan mampu mendukung beban struktural dengan aman dan efisien, serta sesuai dengan kondisi tanah setempat. Dalam perencanaan pondasi menggunakan kedalam 30 m pada kondisi tanah cadas terdapat pasir warna coklat, keras.

b. Spesifikasi Pondasi Tiang Pancang

D (mm)	Type	T (mm)	W (t/m)	Mcr (t.m)	ACI 543		D (mm)	Type	T (mm)	W (t/m)	Mcr (t.m)	ACI 543	
					P(ton)	L(m)						P(ton)	L(m)
300	A2	60	0.113	2,5	72,87	6-13	450	A1	80	0.242	7,5	150,83	6-13
	A3			3,0	69,47	6-13		A2			8,5	147,07	6-13
	B			3,5	67,59	6-13		A3			10,0	143,31	6-13
	C			4,0	63,83	6-13		B			11,0	139,55	6-13
350	A1	65	0.151	3,5	93,94	6-15	500	A1	90	0.301	10,5	188,93	6-15
	A3			4,2	92,06	6-15		A2			12,5	181,41	6-15
	B			5,0	88,30	6-15		A3			14,0	177,65	6-15
	C			6,0	84,54	6-15		B			15,0	175,08	6-15
400	A2	75	0.199	5,5	124,09	6-15	600	A1	100	0.408	17,0	255,03	6-16
	A3			6,5	120,34	6-15		A2			19,0	251,27	6-16
	B			7,5	116,58	6-15		A3			22,0	243,82	6-16
	C			9,0	110,94	6-15		B			25,0	237,67	6-16
											29,0	227,17	6-16

Gambar 1. spesifikasi pondasi tiang pancang

Sumber : Katalog Produk PT.Adhimix Precast Indonesia

Daya dukung pondasi tiang pancang dari Adhimix Precast telah dievaluasi berdasarkan spesifikasi teknis yang ditentukan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kapasitas maksimum daya dukung tiang pancang ($P_u \max$) adalah sebesar 188,93 ton. Selain itu, nilai momen maksimum ($M_u \max$) yang mampu ditahan oleh tiang pancang tersebut adalah 10,5 ton. Dengan nilai daya dukung sebesar ini, tiang pancang Adhimix Precast menunjukkan kemampuan yang cukup untuk menopang beban struktural yang signifikan. Hal ini menjadikannya pilihan yang cocok untuk berbagai proyek konstruksi yang membutuhkan daya dukung tinggi dan stabilitas struktur yang baik. Selain itu, nilai momen maksimum yang tercatat juga menunjukkan bahwa tiang pancang ini memiliki kemampuan untuk menahan gaya momen yang dihasilkan oleh beban eksentrik atau kondisi lapangan yang tidak simetris.

c. Kapasitas Dukung Tiang

Analisis kapasitas dukung tiang dilakukan menggunakan pendekatan statis, di mana kapasitas tersebut ditentukan berdasarkan data N-SPT yang telah diperoleh. Dalam hal ini, digunakan rumus yang dikembangkan oleh (Putra, 2020) untuk tanah non-kohefif. Metode ini memanfaatkan hasil dari pengujian Standard Penetration Test (SPT) untuk menghitung daya dukung tiang pancang dengan memperhitungkan karakteristik dan kekuatan tanah yang tidak kohefif. Rumus Mayerhof memberikan cara yang terukur dan dapat diandalkan untuk menilai seberapa besar beban yang dapat ditanggung oleh tiang pancang, dengan mempertimbangkan variabel-variabel penting seperti kedalaman penanaman tiang dan nilai N-SPT :

Tabel 2. Nilai SPT untuk perhitungan $Q_{frikasi}$

No	Lapisan Tanah	Depth (m)	Tebal		Ni	Fi	Fi . Li
			Li	(m)			
1	Lempung warna merah sedikit coklat, lunak	0-9	9		18	20	180
2	Cadas warna coklat sedikit merah, agak keras	9-20	11		49	52	572
3	Cadas terdapat pasir warna coklat sedikit merah, keras	20-27	7		59	98	686
4	Cadas terdapat pasir warna coklat, keras	27-30	3		60	120	360
						ftotal	1798

Perencanaan pondasi tiang dimulai dengan penentuan daya dukung tanah, di mana hasil Standard Penetration Test (N-SPT) pada kedalaman 30 m adalah 9. Daya dukung ujung tiang dihitung secara empiris berdasarkan nilai N-SPT, panjang, dan diameter tiang. Hasil awal melebihi batas maksimum, sehingga digunakan nilai maksimum yang diizinkan.

Kapasitas ultimate tiang meliputi tahanan ujung dan tahanan geser pada permukaan tiang. Kapasitas ultimate total diperoleh dari penjumlahan keduanya, kemudian dibagi faktor keamanan untuk mendapatkan daya dukung ijin. Hasil verifikasi menunjukkan daya dukung ijin lebih kecil dari kekuatan material tiang, sehingga tiang dianggap aman. Kapasitas aman tiang tunggal dihitung sebesar 1176,45 kN.

Tahanan ujung dihitung dengan persamaan:

$$P_b = \omega \times A_b \times q_c \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

ω = faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang

A_b = luas ujung bawah tiang (m^2)

Q_c = tahanan penetrasi kerucut statis dengan nilai rata – rata dihitung

Tahanan penetrasi kerucut statis rata-rata sebesar 42 kg/cm^2 (4200 kN/m^2). Faktor reduksi 0,5 menghasilkan kapasitas ujung nominal 411,6 kN. Perhitungan ini memastikan tiang pancang cukup kuat menahan beban bangunan dengan penggunaan material yang efisien.

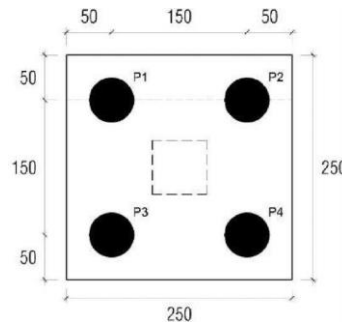
d. Perencanaan Jumlah Tiang

Jumlah tiang pancang ditentukan melalui analisis titik sambungan yang mewakili kondisi struktur secara keseluruhan. Berdasarkan perhitungan, digunakan konfigurasi 2×2 tiang dengan diameter 0,5 m dan jarak antar tiang 2 m, menghasilkan sudut $\theta = \arctan (d/s) = 18,44$ derajat. Kapasitas daya dukung maksimum pondasi (P_u) adalah 3791,95 kN, sedangkan kapasitas ultimate tiap tiang (Q_{ult}) sebesar 1461,15 kN. Dengan faktor efisiensi kelompok tiang ($EPG = 0,846$), kapasitas kelompok tiang (Q_{ug}) dihitung 3981,11 kN, lebih besar dari P_u . Hal ini menunjukkan pondasi tiang pancang yang direncanakan mampu menahan beban secara aman dan efisien.

e. Distribusi Beban Gempa dan Perencanaan Pile Cap

Distribusi beban gempa pada pondasi tiang pancang dipengaruhi oleh jumlah tiang dalam satu pile cap (N), jarak masing-masing tiang terhadap titik pusat berat sumbu X ($\sum X^2$) dan Y ($\sum Y^2$), serta posisi masing-masing tiang (X_i, Y_i). Perhitungan ini bertujuan agar beban dari struktur atas didistribusikan merata ke setiap tiang dan kapasitas dukung pondasi terpenuhi (Taufiqurrohman, 2023).

Untuk pile cap tipe P4 dengan dimensi kolom 50×50 cm, dimensi pondasi $\varnothing 50$ cm, dan kapasitas 1 pile $P_{ijin} = 1176,246$ kN, distribusi beban terbesar pada satu tiang adalah $P_{tiang} = 1173,904$ kN, masih di bawah batas $P_{ijin} \times 1,5 = 1760,856$ kN, sehingga aman.



Gambar 2. Layout Pile Cap Tipe P4

Sumber: Dokumen Pribadi (Progam AutoCAD), 2024

Tabel 3. Koordinat Pile Tipe P4

Pile No.	X (m)	Y (m)	X2 (m)	Y2 (m)
P1	-0,75	0,75	0,5625	0,5625
P2	0,75	0,75	0,5625	0,5625
P3	-0,75	-0,75	0,5625	0,5625
P4	0,75	-0,75	0,5625	0,5625
Σ (jumlah)			2,25	2,25

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Tabel 4. Distribusi Beban Gempa Kelompok Tiang P4

Pile No.	P/n (kN)	$M_x * Y / \sum Y^2$ (kN)	$M_y * X / \sum X^2$ (kN)	P tiang = (p/n)- ((2)/(1)) (kN)
P1	1176,246	0,589	-1,631	1173,904
P2	1176,246	0,589	1,631	1173,904
P3	1176,246	-0,589	-1,631	1173,904
P4	1176,246	-0,589	1,631	1173,904

Sumber: Dokumen Pribadi, 2024

Pile cap berfungsi meneruskan beban dari kolom ke tiang secara merata, mencegah konsentrasi beban dan memastikan kestabilan struktur (Prasetya & Hadi, 2023). Perhitungan geser pons menunjukkan $V_u = 3791,949 \text{ kN} < \phi V_c = 5838,49 \text{ kN}$, sehingga tinggi efektif pile cap 70 cm aman terhadap gaya geser (Rilatupa, 2020).

Tulangan pile cap dihitung berdasarkan momen terhadap titik berat kolom. Dengan $M_u = 704,342 \text{ kN}\cdot\text{m}$, beton $f'_c = 42 \text{ MPa}$, dan $\beta_1 = 0,65$, diperoleh $A_s = 4375 \text{ mm}^2$ menggunakan tulangan S19 dengan jarak 150 mm untuk tulangan bawah dan 250 mm untuk tulangan atas (Caroles, 2022). Tulangan tunggal dipilih karena gaya geser aktual masih di bawah kapasitas maksimum ($F < F_{max}$), sehingga efisien dan aman.

Analisis teknis mencakup kapasitas dukung tiang, interaksi tanah-tiang, dan distribusi beban kelompok tiang (Listriani & Nurhayati, 2022). Pemilihan bahan tiang memperhitungkan kekuatan, daya tahan, dan ketersediaan di lapangan (Fachlepi et al., 2021). Dari sisi ekonomis, biaya material, instalasi, durasi proyek, dan potensi penundaan dianalisis untuk memilih alternatif paling efisien (Supit, 2020; Ahmad et al., 2024).

Pemeriksaan lapangan meliputi inspeksi visual, pengujian tanah (SPT/CPT), pemantauan pemasangan tiang, dan uji beban untuk memastikan kesesuaian kondisi nyata dengan asumsi desain (Wiratama, 2022; Aldino, 2019).

Pemantauan dan pemeliharaan pondasi dilakukan secara berkala untuk memeriksa deformasi, penurunan tiang, dan kondisi fisik pile cap. Penggunaan sensor dan inspeksi rutin membantu mendeteksi potensi masalah lebih awal (Azizi et al., 2022; Prasetya & Hadi, 2023; Rilatupa, 2020).

Pertimbangan lingkungan meliputi analisis dampak lingkungan (AMDAL), mitigasi getaran dan kebisingan, serta pemilihan material ramah lingkungan dan pengelolaan limbah konstruksi untuk keberlanjutan proyek (Sukananda & Nugraha, 2020; Rosyadah, 2022; Wardana, 2023; Rahmiwijayanti, 2018).

4. Kesimpulan

Pondasi pile cap sangat efektif dalam mendistribusikan beban dari struktur hotel lima lantai di Magelang ke tiang pancang di bawahnya. Dengan beban yang cukup besar dari bangunan bertingkat, pile cap memastikan beban tersebar merata ke seluruh tiang pancang, sehingga mengurangi risiko penurunan atau pergeseran tanah yang tidak merata. Pondasi ini memberikan keamanan dan ketahanan jangka panjang bagi struktur hotel. Berdasarkan hasil survei dan perencanaan, kebutuhan tulangan untuk pondasi tipe 1 adalah 25.747,4 kg, sedangkan pondasi tipe 2 membutuhkan 44.342,4 kg, sehingga total tulangan sebesar 70.089,8 kg. Dimensi pondasi tipe 1 adalah 3,6 m × 3,6 m × 0,8 m dengan kedalaman 1 m, sedangkan pondasi tipe 2 memiliki dimensi 3,6 m × 5,4 m × 0,8 m dengan kedalaman yang sama. Analisis kapasitas dukung tiang menunjukkan bahwa setiap tiang mampu menahan beban struktur secara aman, dan konfigurasi kelompok tiang dengan pile cap dapat menyalurkan beban secara merata, termasuk distribusi beban gempa. Perencanaan pondasi tiang pancang ini mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan, dengan memperhitungkan karakteristik tanah, kapasitas material, dan efisiensi konstruksi. Dengan pelaksanaan yang tepat sesuai standar SNI dan pedoman perencanaan, pondasi ini mampu mendukung bangunan hotel selama masa pakainya dan menjadi solusi yang aman serta efisien untuk konstruksi bertingkat di Magelang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. N., Gusti, S., Isdyanto, A., Rachman, R. M., Wahyuni, I. P. I., & others. (2024). *Perencanaan dan Manajemen Proyek Pembangunan Jalan Tol*. Tohar Media.
- Aisah, E., & Dhiniati, F. (2023). Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof. *Konstruksia*, 15(1), 127–136.
- Aldino, R. (2019). *Tinjauan Perbedaan Kuat Dukung Tiang Tunggal Antara Data Kalendering, Data SPT, Dan Data PDA Test Pada Tiang Pancang No. 7 Dan No. 25 Pile Cap No. 1 Overpass STA 58+ 250 Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Dumai*. Universitas Islam Riau.
- ARDIANSYAH, D., & others. (2021). *Pekerjaan Struktur Bawah Pondasi Tiang Pancan, Pile Cap Dan Tie Beam Pada Proyek Pembangunan Masjid Agung Dan Objek Wisata Religi Kabupaten Mesuji*.
- Azhar Bahri, A. K. (2020). *Desain Struktur Rangka Jembatan Baja Bentang 50 M*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Azizi, A., Al Fathoni, M. A. S., & Anjarwati, S. (2022). Analisis Penurunan Pondasi Tiang Bor Dengan Metode Empiris Dan Uji Beban Pada Proyek Gedung “K” Universitas Muhammadiyah Purwokerto. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 3(1), 25–32.
- Caroles, I. L. (2022). *Pengantar Preservasi Dan Survey Kondisi Jalan*. wawasan Ilmu.
- Décourt, L., & Filho, F. A. L. (1994). *Enhanced site characterization in residual soils – Using the SPT*. In Proceedings of the 13th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (pp. 51–56). International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- De Jesus, I. C. C. (2023). *Studi Perencanaan Portal Beton Bertulang Pada Gedung Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya Malang dengan Menggunakan SNI 1726-2019, SNI 2847-2019 dan SNI 1727-2020*. ITN Malang.
- Fachlepi, R., Tanjung, D., & Sarifah, J. (2021). Analisa Faktor Keamanan Tiang Pancang Pada Jembatan Sei Bone Cs Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Buletin Utama Teknik*, 16(2), 77–83.
- Firmansyah, M., Masrun, M., & others. (2021). Esensi Perbedaan Metode Kualitatif dan Kuantitatif. *Elastisitas: Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 3(2), 156–159.

- Gazali, A., Perdana, M. G., & Rachman, T. A. (2022). Studi Evaluasi Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data Cpt Pada Pembangunan Gedung Baru Uniska Handil Bakti Kabupaten Barito Kuala. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 245–254.
- Khomsiati, N. L., Jirna, I. W., & Setyawan, E. (2019). Perbandingan daya dukung aksial pondasi tiang bor tunggal menggunakan data standard penetration test (Spt) dan pile driving analyzer (Pda) test pada proyek pembangunan jalan tol Pandaan Malang. *Jurnal Bangunan*, 24(1), 25–32.
- Listriani, I., & Nurhayati, T. (2007). *Perencanaan Gedung Showroom 5 Lantai Jl. Imam Bonjol 200 Semarang (Design of 5 Floor Showroom Building at Imam Bonjol Street 200 Semarang)*. F. Teknik Undip.
- Prasetya, D., & Hadi, M. A. (2023). *Identifikasi Pengujian Pile Driving Analyzer Pier 51A Pada Proyek Pembangunan Tol Yogyakarta–Bawen*.
- Putra, A. J. (2020). *Analisis Kapasitas Dukung Statis Tiang Pancang Berdasarkan Data N-SPT Pada Gedung Kuliah Kampus Pelita Indonesia*. Universitas Islam Riau.
- Putri, E. A., Armaeni, N. K., & Triswandana, I. W. G. E. (2023). Perencanaan Pelaksanaan Pekerjaan Pile Cap Pada Proyek Pembangunan Gedung Igd Upt Rumah Sakit Nyitdah Tabanan. *Jurnal Teknik Gradien*, 15(01), 1–8.
- Putri, R., & Supriadi, D. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Perkuliahan 7 Lantai Universitas Wahidiyah Menggunakan Sap 2000. *Kedung Karya*, 1(1), 1–7.
- Rahmiwijayanti, H. (2018). *Analisa Sistem Pengukuran Kinerja Manajemen PT. XYZ Berbasis Risiko dengan Pendekatan Konsep AHP dan OMAX*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rilatupa, J. (2020). *Peranan Arsitek Pada Sistem Pemeliharaan Dan Perawatan Bangunan*. UKI Press.
- Rosyadah, A. R. (2022). *Gambaran Bahaya Debu Batubara Dan Pengendalian Yang Di Lakukan Pada Area Stock Pile Pt. Pomi (Paiton Operation And Maintenance Indonesia)*. Universitas Airlangga.
- Simalango, S. P., Purba, A., & Sawito, K. (2021). Studi Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Pembangunan Gedung Bertingkat Tinggi (Perbandingan Antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Sumuran). *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, 4(1), 21–29.
- Sukananda, S., & Nugraha, D. A. (2020). Urgensi penerapan analisis dampak lingkungan (AMDAL) sebagai kontrol dampak terhadap lingkungan di Indonesia. *Jurnal Penegakan Hukum Dan Keadilan*, 1(2), 119–137.
- Supit, D. D. (2020). Analisa Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah, Dan Pekerjaan Perkerasan Berbutir: Studi Kasus: Proyek Rehabilitasi Ring Road Ii–Paniki. *Journal Dynamic Saint*, 5(1), 906–917.
- Taufiqurrohman, M. (2023). *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Gedung B Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang dengan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Mayerhoff dan Metode Luciano Decourt (Studi Kasus Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang, Jawa Tengah)*. Universitas Islam Indonesia.
- Trinanda, A. Y. (2021a). Tinjauan Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Gedung-X di Kota Bukittinggi. *Jurnal Rivet*, 1(01), 26–31.
- Trinanda, A. Y. (2021b). Tinjauan daya dukung pondasi sumuran pada gedung-x di kota Bukittinggi. *Jurnal Rivet*, 1(01), 26–31.
- Wardana, R. S. (2023). *Analisis Produktivitas Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang Pada Proyek Cluster xyz*. Pradita University.
- Wiratama, P. G. A. U. (2022). *Analisis Perbandingan Produktivitas Tenaga Kerja Rencana Dengan Produktivitas Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Proyek Pembangunan Gedung Pengadilan Negeri Badung*. Universitas Mahasaraswati Denpasar.
- Wiratmoko, B. A., Winarto, S., & Cahyo, Y. (2019a). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Ketahanan Pangan Nganjuk. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 106–120.
- Wiratmoko, B. A., Winarto, S., & Cahyo, Y. (2019b). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Ketahanan Pangan Nganjuk. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 106–120.