



Analisis Perencanaan Pondasi *Bore Pile* dan Tiang Pancang Beton Gedung Riau Town Square, Pekanbaru: Tinjauan Stabilitas dan Dampak Lingkungan

Ahmad Kurnain^{1*}, Irwan Effendi², Tony Hartono Bagio³, Apriyan D Rakhmat⁴

^{1,3}Fakultas Teknik Sipil,/Universitas Abdurrah Pekanbaru

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,/Universitas Riau Pekanbaru

⁴Fakultas Teknik Sipil,/Universitas Islam Riau Pekanbaru

*ahmad.kurnain@univrab.ac.id

Abstrak

Pembangunan gedung bertingkat memerlukan sistem pondasi yang direncanakan dengan baik untuk menjamin kestabilan struktur, terutama pada kondisi tanah bawah permukaan yang bervariasi. Penelitian ini mengkaji desain pondasi bore pile dan tiang pancang beton pracetak untuk pembangunan Gedung Riau Town Square di Pekanbaru, dengan fokus pada analisis kestabilan serta pertimbangan dampak lingkungan. Data tanah diperoleh melalui investigasi lapangan, termasuk uji Cone Penetration Test (CPT), logging bor, dan Standard Penetration Test (SPT). Hasil analisis menunjukkan bahwa lapisan tanah padat, yang ditandai dengan nilai SPT (N) ≥ 30 , ditemukan pada kedalaman sekitar 12 hingga 18 meter. Hasil CPT menunjukkan nilai tahanan konus (qc) melebihi 150 kg/cm^2 pada kedalaman yang sama. Berdasarkan perhitungan daya dukung tanah dan beban struktur yang direncanakan, pondasi bore pile dengan diameter 60 cm dan kedalaman 18 meter mampu memberikan daya dukung izin sekitar 400 kN per tiang. Sebagai alternatif, penggunaan tiang pancang beton pracetak berukuran $35 \times 35 \text{ cm}$ dengan kedalaman lebih dari 20 meter juga memungkinkan, dengan kapasitas izin berkisar antara 350 hingga 400 kN per tiang. Dari sudut pandang lingkungan, pondasi bore pile lebih disukai karena menghasilkan getaran dan tingkat kebisingan yang lebih rendah dibandingkan dengan tiang pancang. Oleh karena itu, bore pile dianggap sebagai solusi yang lebih stabil dan ramah lingkungan untuk lokasi pembangunan ini.

Kata kunci: Pondasi bore pile, Tiang pancang beton pracetak, Daya dukung tanah, Kestabilan pondasi, Dampak lingkungan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan sektor konstruksi di Indonesia, khususnya pada pembangunan gedung bertingkat, menuntut perencanaan struktur yang tidak hanya kuat dan stabil, tetapi juga memperhatikan dampak terhadap lingkungan sekitar [1][2]. Salah satu aspek krusial dalam pembangunan gedung adalah perencanaan pondasi, karena pondasi berfungsi sebagai elemen

struktural utama yang menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah keras di bawah permukaan [3].

Gedung Riau *Town Square* di Pekanbaru merupakan salah satu proyek konstruksi skala besar yang memerlukan pondasi dalam, mengingat kondisi tanah di wilayah tersebut yang umumnya memiliki daya dukung tanah yang rendah di lapisan permukaan [4]. Dalam proyek ini, dua alternatif sistem pondasi yang digunakan atau dipertimbangkan adalah pondasi bore pile dan pondasi tiang pancang beton. Keduanya memiliki karakteristik teknis dan metode pelaksanaan yang berbeda, sehingga analisis perencanaan yang matang menjadi hal yang penting untuk memastikan stabilitas struktur dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar [5][6].

Pondasi bore pile dikenal memiliki keunggulan dalam mengurangi getaran dan kebisingan saat pelaksanaan, sehingga sering menjadi pilihan di area padat atau sensitif terhadap gangguan [7]. Sebaliknya, pondasi tiang pancang beton menawarkan keunggulan dari segi kecepatan pelaksanaan dan mutu beton yang lebih terkontrol karena diproduksi di pabrik [8]. Namun, metode pemancangannya dapat menimbulkan getaran dan kebisingan yang berdampak terhadap bangunan dan aktivitas di sekitar lokasi proyek [9].

Melihat kompleksitas proyek dan pentingnya aspek keselamatan serta kelestarian lingkungan, maka perlu dilakukan analisis perencanaan pondasi *bore pile* dan tiang pancang beton secara teknis maupun dari segi dampak lingkungan. Dengan analisis ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap perencanaan pondasi yang tepat untuk Gedung Riau *Town Square*, baik dari sisi stabilitas struktur maupun pertimbangan lingkungan [10][11].

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan teknis pondasi bore pile dan tiang pancang beton pada proyek Gedung Riau *Town Square* di Pekanbaru?
2. Bagaimana stabilitas masing-masing jenis pondasi terhadap beban struktur yang bekerja?
3. Apa saja dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pelaksanaan pondasi bore pile dan tiang pancang beton?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis perencanaan teknis pondasi *bore pile* dan tiang pancang beton pada proyek Gedung Riau *Town Square*.
2. Untuk mengevaluasi stabilitas pondasi terhadap beban yang bekerja pada struktur bangunan.
3. Untuk mengidentifikasi dan membandingkan potensi dampak lingkungan dari pelaksanaan pondasi *bore pile* dan tiang pancang beton.

1.4 Fokus kajian dan manfaat penelitian

Kajian ini difokuskan pada analisis teknis perencanaan pondasi *bore pile* dan tiang pancang beton berdasarkan data tanah serta kebutuhan struktur dari proyek Gedung Riau *Town Square*, dengan memperhatikan dampak lingkungan lokal akibat pelaksanaan pondasi, seperti getaran, kebisingan, dan gangguan pada tanah sekitar. Sementara manfaat kajian ini adalah memberikan panduan teknis untuk perencanaan pondasi yang aman dan efisien, menyajikan analisis yang relevan dan aplikatif berbasis data proyek nyata, serta mendukung upaya mitigasi dampak lingkungan lokal selama pelaksanaan pondasi, dengan fokus pada gangguan spesifik tanpa mencakup analisis lingkungan secara menyeluruh.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah jenis pondasi yang digunakan untuk menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah keras yang berada cukup dalam dari permukaan. Pondasi jenis ini digunakan ketika tanah permukaan tidak mampu menahan beban bangunan secara langsung [3][5].

2.1.1 Pondasi *Bore Pile*

Pondasi *bore pile* merupakan jenis pondasi dalam yang dibuat dengan metode pengeboran tanah terlebih dahulu, kemudian lubang bor diisi dengan tulangan dan beton di tempat (*cast in situ*) [12]. Pondasi ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain menghasilkan getaran yang rendah saat pelaksanaan, fleksibel dalam ukuran dan kedalaman, serta cocok digunakan pada area yang padat bangunan [13][14]. Namun demikian, pondasi bore pile juga memiliki kekurangan, seperti proses pelaksanaan yang relatif lebih lama serta sangat bergantung pada kondisi cuaca dan muka air tanah [15].

2.1.2 Pondasi Tiang Pancang Beton (*Precast Concrete Pile*)

Pondasi tiang pancang merupakan jenis pondasi dalam yang terbuat dari beton bertulang yang diproduksi di pabrik, kemudian dipancang atau dipukul ke dalam tanah menggunakan alat berat [8]. Pondasi ini memiliki keunggulan berupa mutu beton yang lebih terkontrol karena diproduksi di pabrik serta proses pelaksanaannya yang relatif cepat [7]. Namun, kekurangan dari pondasi tiang pancang adalah dapat menimbulkan getaran dan kebisingan yang cukup tinggi selama proses pemasangan, sehingga kurang cocok digunakan di area yang padat atau sensitif terhadap gangguan lingkungan [9].

2.1.3 Dampak Lingkungan Konstruksi

Dampak lingkungan yang ditinjau dalam pelaksanaan pondasi antara lain: getaran dan kebisingan, gangguan pada struktur bangunan di sekitar, pencemaran air tanah (khusus *bore pile*), dan pengaruh terhadap kenyamanan masyarakat sekitar [2]. Pemilihan metode pelaksanaan yang tepat menjadi kunci untuk meminimalkan dampak tersebut, khususnya di area perkotaan atau padat penduduk.

2.1.4 Stabilitas Pondasi

Pondasi merupakan elemen struktural yang berfungsi untuk menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah yang lebih stabil [16]. Stabilitas pondasi sangat bergantung pada jenis pondasi yang digunakan, sifat tanah di lokasi proyek, serta beban dari struktur di atasnya [17]. Dua jenis pondasi dalam yang umum digunakan adalah pondasi bore pile dan tiang pancang beton.

Menurut Das [18], stabilitas pondasi dinilai dari kemampuannya menahan beban vertikal, lateral, serta tahan terhadap gaya-gaya eksternal seperti gempa atau angin. Selain itu, stabilitas juga mencakup daya dukung tanah (*bearing capacity*) dan penurunan (*settlement*) yang masih dalam batas aman.

Dalam pondasi bore pile, stabilitas ditentukan oleh interaksi antara gesekan sepanjang sisi tiang (*skin friction*) dan daya dukung ujung tiang (*end bearing*). Sedangkan pada tiang pancang, kekuatan diperoleh dari kombinasi antara gaya tekan aksial dan friksi tanah di sepanjang tiang [12].

Analisis stabilitas juga mempertimbangkan kemungkinan kegagalan geser tanah atau *shear failure*, yang bisa terjadi jika beban yang ditransfer pondasi melebihi kapasitas geser tanah. Oleh karena itu, investigasi tanah yang akurat melalui uji sondir (CPT), uji bor (*borlog*), dan uji SPT sangat penting untuk menentukan parameter geoteknik yang tepat [19].

2.1.5 Dampak Lingkungan Akibat Konstruksi Pondasi

Pekerjaan pondasi, terutama pondasi dalam, dapat menimbulkan berbagai dampak lingkungan, baik jangka pendek maupun jangka panjang. Dampak ini dapat berupa getaran, kebisingan, perubahan muka air tanah, serta potensi pencemaran air tanah akibat penggunaan lumpur bor atau limbah beton [20].

Menurut Departemen Pekerjaan Umum [21], pekerjaan pemancangan tiang dapat menyebabkan getaran yang merusak bangunan di sekitarnya serta menimbulkan kebisingan tinggi yang mengganggu masyarakat. Sementara pada pondasi bore pile, meskipun lebih minim getaran, proses pengeboran dapat menyebabkan luberan lumpur, erosi tanah, dan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik [22].

Selain itu, kedua metode pondasi dalam ini juga memiliki jejak karbon (*carbon footprint*) akibat penggunaan material beton, baja, serta alat berat yang membutuhkan bahan bakar fosil [23]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis dampak lingkungan (AMDAL) serta mempertimbangkan teknik konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini berlokasi di kawasan pembangunan **Gedung Riau Town Square**, Jalan Jenderal Sudirman, Pekanbaru, yang dirancang sebagai pusat komersial dan perkantoran. Lokasi ini dipilih karena proyek konstruksi gedung bertingkatnya memerlukan perencanaan pondasi dalam. Objek penelitian difokuskan pada sistem **pondasi bore pile dan tiang pancang beton**, mencakup analisis teknis berdasarkan data tanah serta beban struktur, serta kajian dampak lingkungan selama pelaksanaan pekerjaan pondasi.



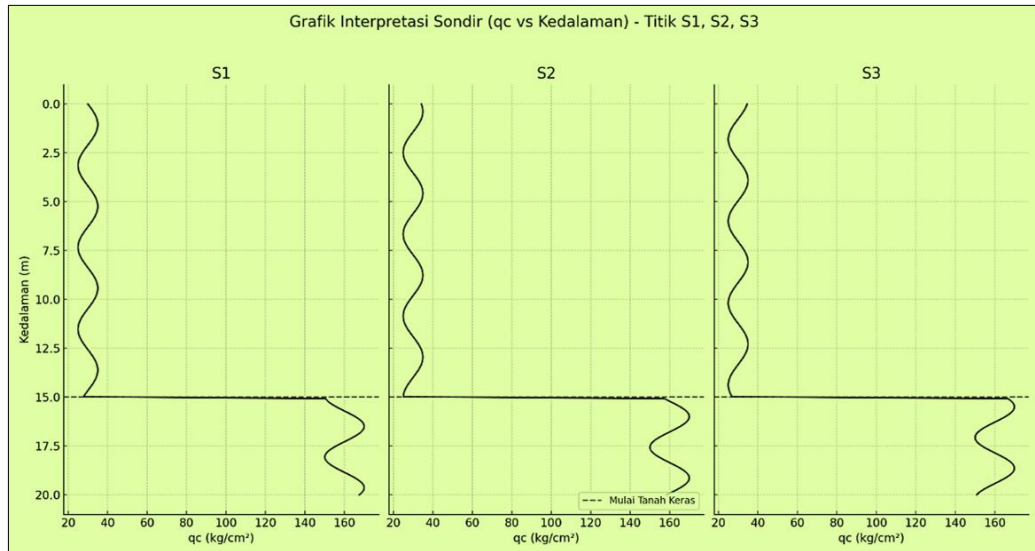
Gambar 1. Tampak Perencanaan Gedung Riau Town Square Pekanbaru

3.1.1 Data tanah

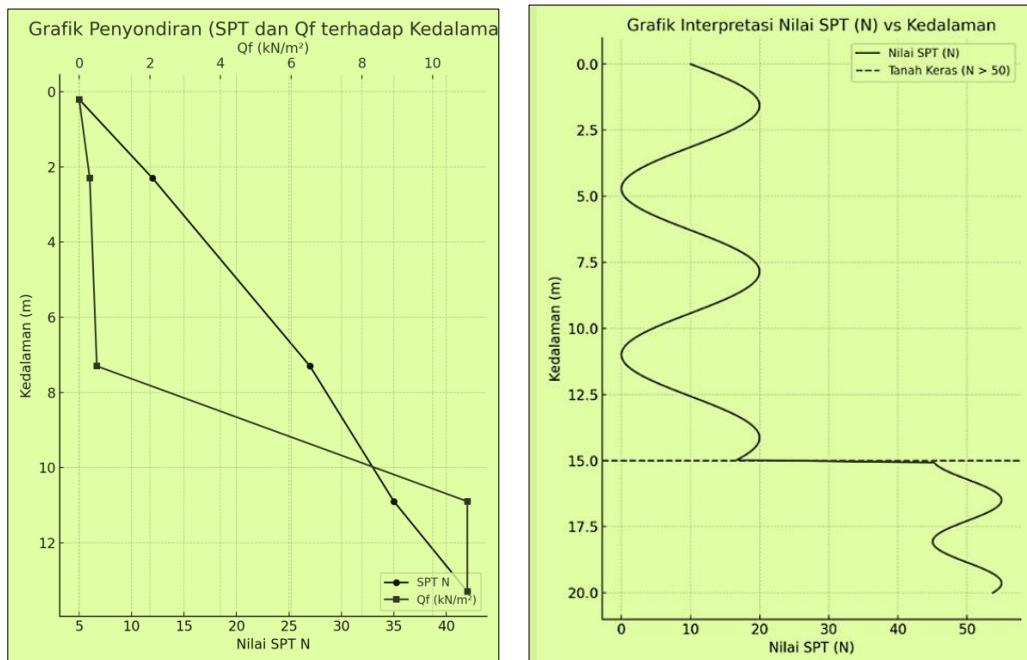
Hasil pengujian tanah dan parameter teknis yang diperoleh; Hasil uji sondir menunjukkan bahwa kedalaman 0 - 15 m adalah tanah lunak sampai sedang. Dan tanah keras dengan $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman -15,00 m. Sondir S1, S2, S3. mulai tanah keras. Hasil uji boring menunjukkan bahwa kedalaman 0 m 15 m adalah tanah lunak sampai sedang dengan nilai $N_{ser} = 5-10$. Tanah keras dengan $N > 50$ mulai kedalaman -15 m.

3.1.2. Grafik Interpretasi Sondir (q_c vs Kedalaman) - Titik S1, S2, S3

Grafik berikut menunjukkan hubungan antara nilai tahanan konus (q_c) terhadap kedalaman pada tiga titik pengujian sondir (S1, S2, S3). Garis putus-putus menunjukkan kedalaman di mana mulai ditemukan lapisan tanah keras (sekitar 12.5 meter).



Gambar 2. Uji Sondir pada Kedalaman 0-15 meter



Gambar 3. Uji uji N_{SPT} , sampai kedalaman 12 meter

3.1.2 Data yang Digunakan

Data tanah dari uji SPT, CPT, dan uji laboratorium digunakan untuk menilai karakteristik tanah secara menyeluruh. Uji *Standard Penetration Test* (SPT) mengukur ketahanan tanah terhadap penetrasi menggunakan energi pukulan, yang memberikan informasi mengenai kepadatan relatif untuk tanah granular serta konsistensi untuk tanah kohesif [24]. *Cone Penetration Test* (CPT) menggunakan konus berujung tajam untuk mengukur tahanan ujung

(*tip resistance*) dan gesekan selimut (*sleeve friction*), sehingga dapat menghasilkan profil tanah yang lebih kontinu dan detail dibandingkan SPT [25][26]. Sementara itu, uji laboratorium tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah, seperti kadar air, berat jenis, batas *Atterberg*, dan parameter kuat geser tanah seperti kohesi dan sudut geser dalam, yang sangat penting dalam analisis stabilitas pondasi[27][28].

Tabel 1. Hasil pengujian tanah

DATA HASIL PENGUJIAN			LABURATOTIUM (DATA BOR TANAH)				SONDIR	SPT
No	Kedalaman		Jenis Tanah	C_u (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	Φ ..."	Q_f (kN/m ²)	Nilai SPT N
	Z_1 (m)	Z_2 (m)						
1	0,00	0,40	Lempung	23,00	9,962	0	0,00	5
2	0,40	4,20	Lempung	50,00	9,962	0	0,30	12
3	0,20	10,40	Lempung	52,00	9,962	0	0,50	27
4	10,40	11,40	Leg. padat	61,00	10,371	0	10,98	35
5	11,40	15,20	Lpg. Pasir	53,00	11,683	12	10,98	42

3.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini mengacu pada beberapa standar nasional yang relevan, yaitu SNI 8460:2017 tentang perencanaan pondasi dalam [29], SNI 1726:2019 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan dan non-bangunan [30], serta Daftar Parameter Tanah (DPT) 1987 sebagai acuan daya dukung tanah berdasarkan jenis tanah dan kedalaman [31]. Untuk menunjang analisis teknis, digunakan alat bantu seperti kalkulator teknik dan Microsoft Excel dalam perhitungan manual. Selain itu, perangkat lunak *Plaxis* digunakan untuk menganalisis stabilitas tanah dan deformasi dengan pendekatan elemen hingga (*finite element method*)[32], sedangkan *SAP2000* dimanfaatkan untuk menganalisis beban struktur atas yang bekerja pada pondasi secara presisi dan efisien [33].

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer meliputi hasil uji tanah di lapangan seperti *Standard Penetration Test* (SPT), sondir (CPT), dan boring log. Sedangkan data sekunder mencakup gambar rencana pondasi, spesifikasi teknis, serta referensi standar seperti SNI dan peta geologi lokasi proyek [34].

3.3 Metode mitigasi

Metode mitigasi dalam penelitian ini difokuskan pada upaya mengurangi dampak lingkungan akibat pekerjaan pondasi. Beberapa langkah yang dianalisis meliputi pengendalian kebisingan dan getaran pada tiang pancang, pengelolaan limbah lumpur pada *bore pile*, serta pengaturan waktu kerja untuk meminimalkan gangguan terhadap lingkungan sekitar.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung aksial tiang terdiri daya dukung ujung dasar tiang dan daya dukung gesekan permukaan keliling tiang, dikurangi berat sendiri tiang dengan rumusan : $Q_u = Q_d + Q_g - W$, $Q_{ijin} = (Q_d + Q_g) / FK - W$. Dimana : Q_u daya dukung batas tiang ; Q_d : daya dukung batas dasar tiang ; Q_g : daya dukung batas gesekan tiang; W : berat sendiri tiang ; FK faktor keamanan tiang = 3.

4.2. Data Tiang Pancang

Tabel 2. Data dan spesifikasi tiang pancang

Jenis tiang pancang beton bertulang tampang bulat			
Diameter tiang pancang	D =	1.00 m	m
Panjang tiang pancang	L =	15,00	m
Kuat tekan beton tiang pancang	f_c' =	300	Mpa
Berat beton bertulang	W_c =	24	kN/m ³

4.3. Tahanan aksial tiang pancang

Tabel 3. Tahanan aksial tiang pancang

Luas penampang tiang pancang	$A = \pi / 4 * D^2$	= 0,754	M ²
Berat tiang pancang	$W_p = A * L * W_c$	= 282,74	kN
Kuat tekan tiang pancang	f_c'	= 30000	kPa
Kapasitas dukung nominal tiang pancang	$P_n = 0,30 * f_c' * A - 1,2 * W_p$	= 70347	kN
Faktor reduksi kekuatan	ϕ	= 0,60	
Tahanan aksial tiang pancang	$\phi * P_n$	= 42207,93	kN

Tabel 4. Data tanah

DATA PENGUJIAN			HASIL LABURATOTIUM (DATA BOR TANAH)				SONDIR	SPT
No	Kedalaman		Jenis Tanah	C_u kN/m ²	γ kN/m ³	Φ ..."	Qf (kN/m ²)	Nilai SPT N
	Z ₁ (m)	Z ₂ (m)						
1	0,00	0,40	Lempung	23,00	9,962	0	0,00	5
2	0,40	4,20	Lempung	50,00	9,962	0	0,30	12
3	0,20	10,40	Lempung	52,00	9,962	0	0,50	27
4	10,40	11,40	Lempung padat	61,00	10,371	0	10,98	35
5	11,40	15,20	Lempung Pasir	53,00	11,683	12	10,98	42

4.4. Analisis Stabilitas

4.4.1. Tahanan lateral berdasarkan refleksi tiang maksimum (BORM)

Tahanan lateral tiang (H) kategori tiang panjang, dapat dihitung dengan persamaan: $H = y_o * k_h * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)]$ dengan, $\beta = [k_h * D / 4 * E_c * I_c]^{0,25}$

Tabel 5. Tahanan lateral berdasarkan refleksi tiang

D =	Diameter tiang pancang (m)	D =	1,00	m
L =	Panjang tiang pancang (m)	L =	15,00	m
k_h =	Modulus subgrade horizontal (kN/m ³)	k_h =	26720	kN/m ³
E_c =	Modulus elastis tiang (kN/m ²) $E_c = 4700 * \sqrt{f_c'} * 10^3 =$		81406388	kN/m ²
L_c =	Momen inersia penampang (m ⁴) $L_c = \pi / 64 * D^4 =$		0,049087	m ⁴
e =	Jarak beban lateral terhadap muka tanah (m)	e =	0,50	m
y_o =	Defleksi tiang maksimum (m)	y_o =	0,006	m
β =	Kofisien defleksi tiang, $\beta = [k_h * D / (4 * E_c * L_c)]^{0,25}$	β =	0,20220273	m
$\beta * L = 3,03 > 2,5$, maka termasuk tiang panjang → OK				

Tahanan lateral nominal tiang pancang, $H = y_o * k_h * D / [2 * \beta * (e * \beta + 1)] = 360,03$ kN

Faktor reduksi kekuatan

$\phi = 0,60$ kN

Tahanan lateral tiang pancang

→ $\phi * H_n = 216,02$ kN

Tabel 6. Dampak lingkungan dan mitigasi

Dampak	Penjelasan
Pencemaran Air	Lumpur bor bisa mencemari air tanah dan air permukaan
Kebisingan	Suara bising dari alat berat selama proses pengeboran
Emisi	Polusi udara akibat emisi dari mesin berbahan bakar solar
Getaran	Getaran ringan tetap terjadi dan berpotensi mengganggu bangunan sekitar
Limbah	Sisa tanah bor dan beton perlu dikelola sesuai prosedur

Dampak	Rencana Mitigasi
Pencemaran Air	Menyediakan bak penampungan lumpur bor, menggunakan sistem sirkulasi tertutup, serta memastikan pembuangan limbah sesuai standar lingkungan.
Kebisingan	Menggunakan alat berat dengan tingkat kebisingan rendah, melakukan pekerjaan pada jam kerja resmi, dan memasang penghalang suara jika dekat pemukiman.
Emisi	Menggunakan alat berat berstandar emisi rendah, melakukan perawatan mesin secara berkala, serta mengatur durasi

4.5. Ringkasan Analisis Dampak Lingkungan *Bore Pile*

Berdasarkan hasil investigasi tanah, lokasi proyek Ritos Pekanbaru didominasi lempung lunak hingga kedalaman >10 m (Cu 23–52 kN/m², SPT N 5–27), sehingga pondasi *bore pile* dipilih untuk menjangkau lapisan tanah lebih stabil (SPT N >35). Meski memiliki keunggulan seperti getaran rendah dan fleksibilitas desain, proses *bore pile* berpotensi menimbulkan dampak lingkungan seperti pencemaran air dari lumpur bor, kebisingan, emisi alat berat, getaran ringan, dan settlement sementara. Dampak tersebut dapat diminimalkan melalui penampungan lumpur, penggunaan alat rendah emisi, pemantauan getaran, dan pengelolaan limbah sesuai regulasi.

4.5.1 Analisis Dampak Lingkungan *Bore Pile*

Lokasi proyek didominasi oleh lapisan lempung lunak hingga kedalaman lebih dari 10 meter, dengan nilai kuat geser tak terdrainasi (Cu) berkisar antara 23 hingga 52 kN/m² dan nilai N -SPT antara 5 hingga 27. Lapisan tanah yang lebih stabil, berupa lempung padat dan lempung berpasir dengan nilai N -SPT >35 , ditemukan pada kedalaman yang lebih dalam [5][13]. Berdasarkan kondisi ini, pemilihan pondasi *bore pile* menjadi lebih tepat karena mampu menembus lapisan tanah lunak dan menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung lebih tinggi [3]. Pondasi dangkal dianggap tidak layak karena tingginya risiko penurunan (*settlement*) dan ketidakstabilan, terutama pada tanah lempung lunak yang memiliki kompresibilitas tinggi [19]. Selain itu, metode *bore pile* menghasilkan getaran dan kebisingan yang jauh lebih rendah dibandingkan pondasi tiang pancang, sehingga lebih ramah terhadap struktur bangunan di sekitarnya serta lingkungan sekitar proyek [12][35].

5. Kesimpulan

5.1. Kesimpulan Analisis Data Tanah dan Perencanaan Pondasi

Berdasarkan hasil analisis data tanah berupa bor log, uji sondir, dan SPT pada lokasi pembangunan **Gedung Riau Town Square**, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik Tanah:

Lapisan tanah lunak dominan hingga kedalaman ± 10 meter, dengan nilai SPT (N) meningkat signifikan pada kedalaman > 12 meter (rata-rata $N \geq 30$) dan hasil sondir menunjukkan nilai $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$ pada kedalaman ± 15 meter, yang mengindikasikan keberadaan lapisan tanah keras yang cocok sebagai tumpuan akhir pondasi.

2. Perencanaan Pondasi Bore Pile:

Berdasarkan analisis daya dukung tanah dan beban rencana struktur, diperlukan pondasi bore pile berdiameter 60 cm dengan panjang 18 meter, yang memiliki estimasi daya dukung aksial ultimit (qult) sebesar 800 kN per tiang (250 kN dari friksi selimut dan 550 kN dari daya dukung ujung), sehingga dengan faktor keamanan 2, diperoleh daya dukung izin ($q\text{-allow}$) sebesar 400 kN per tiang.

3. Alternatif Tiang Pancang Beton:

Jika digunakan tiang pancang beton pracetak berukuran 35x35 cm, maka diperlukan panjang efektif > 20 meter untuk mencapai lapisan tanah keras, dengan daya dukung izin berkisar antara 350–400 kN per tiang, tergantung pada kedalaman dan kondisi pemancangan.

4. Dampak Lingkungan:

Penggunaan *bore pile* lebih disarankan karena menghasilkan getaran dan kebisingan yang jauh lebih rendah dibanding tiang pancang, sehingga lebih aman dan minim risiko terhadap bangunan di sekitar area proyek

5.2. Rekomendasi dan Saran

Berdasarkan analisis daya dukung tanah dan kondisi lingkungan, pondasi *bore pile* direkomendasikan sebagai pilihan utama karena mampu menahan beban struktur secara optimal serta meminimalkan dampak kebisingan dan getaran, khususnya di area padat penduduk. Pelaksanaan pondasi perlu diawasi agar mencapai lapisan tanah keras pada kedalaman ≥ 18 meter sesuai hasil investigasi (SPT dan CPT), serta dilakukan sesuai prosedur teknis standar, termasuk uji integritas dan uji beban acak untuk menjamin kualitas. Jika tiang pancang digunakan sebagai alternatif, kontrol terhadap efek vibrasi dan kebisingan harus diperhatikan. Untuk pengembangan proyek selanjutnya, kajian tambahan seperti analisis seismik, muka air tanah, dan pemodelan numerik disarankan guna menjamin kestabilan pondasi yang lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- [1] K. PUPR, *Statistik Sektor Konstruksi Indonesia 2022*. Jakarta: KEMENTERIAN PUPR, 2022.
- [2] G. H and S. D, "Dampak Pembangunan Gedung Tinggi terhadap Lingkungan," *J. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 2, 2021.
- [3] B. JE, *Foundation Analysis and Design*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [4] B. T and R. P, "Karakteristik Tanah di Wilayah Pekanbaru untuk Perencanaan Pondasi," *J. Geotek*, vol. 18, no. 1, 2020.
- [5] Das BM, *Principles of Foundation Engineering*, 9th ed. Boston: engage Learning, 2017.
- [6] H. HC, *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7] H. R and S. A, "Evaluasi Getaran dan Kebisingan pada Pekerjaan Bore Pile di Area Padat," *J. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 3, 2022.
- [8] M. P and F. Y, "Studi Efisiensi Waktu dan Kualitas Pondasi Tiang Pancang Beton Pracetak," *J. Rekayasa Konstr.*, vol. 10, no. 2, 2021.

- [9] S. A, "Analisis Dampak Kebisingan pada Proyek Konstruksi Tiang Pancang," *J. Lingkung. dan Konstr.*, vol. 8, no. 4, 2020.
- [10] S. D and P. B, "Analisis Perbandingan Pondasi Bore Pile dan Tiang Pancang dari Aspek Teknis dan Lingkungan," *J. Tek. Infrastruktur*, vol. 14, no. 1, 2022.
- [11] A. International, *Standard Guide for Design and Construction of Deep Foundations*. West Conshohocken: ASTM International, 2017.
- [12] T. MJ and W. J, *Pile Design and Construction Practice*, 6th ed. London: CRC Press, 2015.
- [13] B. M, *Soil Mechanics and Foundations*, 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2011.
- [14] Suyono, *Teknik Konstruksi dan Dampak Lingkungan*. Jakarta: Erlangga, 2009.
- [15] D. P. Umum, *Panduan Mitigasi Dampak Lingkungan Konstruksi*. Jakarta: Puslitbangkim, 2007.
- [16] J. E. Bowles, *Foundation Analysis and Design*. 1996.
- [17] C. DP, *Foundation Design: Principles and Practices*, 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- [18] D. BM, *Principles of Foundation Engineering*, 7th ed. stanford: Cengage Learning, 2010.
- [19] C. RF, *Soil Mechanics*, 8th ed. London: CRC Press, 2012.
- [20] M. M, S. R, and Y. L, *Environmental Science: Systems and Solutions*, 5th ed. Jones & Bartlett Learning, 2012.
- [21] D. P. Umum, *Pedoman Teknis Lingkungan Konstruksi Pondasi Dalam*. Jakarta, 2008.
- [22] B. SS and M. JN, "Environmental impact of bored cast in-situ piles," *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 3, 2014.
- [23] C. LF, R. L, V. V, P. G, and C. A, "Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 29, 2014.
- [24] D. BM, *Principles of Geotechnical Engineering*, 8th ed. Boston: Cengage Learning, 2013.
- [25] L. T, R. PK, and P. JJM, *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. London: Blackie Academic & Professional, 1997.
- [26] R. PK, "Interpretation of cone penetration tests — A unified approach," *Can. Geotech. J.*, vol. 46, no. 11, 2009.
- [27] ASTM, *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM International, 2017.
- [28] H. KH, *Manual of Soil Laboratory Testing: Volume 3 – Effective Stress Tests*, 2nd ed. London: CRC Press, 2000.
- [29] B. S. Nasional, *Tata Cara Perencanaan Pondasi Dalam untuk Bangunan Gedung*. Jakarta:

BSN, 2017.

- [30] B. S. Nasional, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan dan Non-Bangunan*. Jakarta: BSN, 2019.
- [31] D. P. Umum, *Daftar Parameter Tanah Indonesia (DPT)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1987.
- [32] B. RBJ, K. S, and S. WM, *PLAXIS 2D – Reference Manual*. 2021.
- [33] I. Computers and Structures, *SAP2000 Integrated Software for Structural Analysis and Design*. Berkeley: CSI, 2022.
- [34] T. G and K. F, *Handbook of Solid Waste Management*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [35] Suyono, “Kajian Dampak Getaran Akibat Pemancangan Tiang terhadap Struktur Bangunan Sekitar,” *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 11, no. 2, 2009.