

Analisis Daya Dukung Pondasi *Bore Pile* pada Pembangunan Gudang Komoditas Pangan (GKP) BULOG Kapasitas 1000 Ton di Komplek Pergudangan Koto Malintang Kamang

Muhammad Noufal^{ID}, Selpa Dewi^{ID}, Deddy Kurniawan^{ID}

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Kota Bukittinggi, Sumatera Barat

Abstrak. Pembangunan Gudang Komoditas Pangan (GKP) BULOG berkapasitas 1000 ton di Kamang, Kabupaten Agam, menggunakan pondasi *bore pile* karena tanah permukaan bersifat lunak hingga sedang dan lapisan keras baru ditemukan pada kedalaman 7–8 m. Penelitian ini bertujuan menganalisis daya dukung dan penurunan pondasi *bore pile* serta memverifikasinya dengan uji *Pile Driving Analyzer* (PDA) dan analisis CAPWAP. Penelitian bersifat kuantitatif dengan data sekunder *standard penetration test* (SPT) titik BH-01 hingga kedalaman 40 m, pada *bore pile* berdiameter 40 cm dan panjang efektif 11,6 m. Daya dukung dihitung dengan metode Reese & Wright (1977) dan penurunan dengan metode Vesic (1977). Kuat geser diperoleh dari korelasi Stroud (1974) dengan $c_u = 5N$. Hasil menunjukkan daya dukung ultimit sebesar 1.209,99 kN, terdiri atas daya dukung ujung 268,47 kN dan selimut 941,52 kN. Dengan faktor keamanan 3, daya dukung izin mencapai 403,33 kN (41,12 ton), jauh melampaui beban aksial kerja 163,99 kN (16,39 ton). Penurunan total 45,33 mm masih di bawah batas izin 50 mm. Kapasitas lateral izin 396 kN memenuhi terhadap beban angin 10,80 kN. Hasil teoritis berbeda 11,5% dari uji PDA-CAPWAP (123,34 ton berbanding 110,60 ton). Pondasi dinyatakan aman terhadap daya dukung dan penurunan, dan verifikasi silang dengan data lapangan menjadi kebaruan penelitian ini.

Kata kunci: : *bore pile*, daya dukung pondasi, N-SPT, penurunan, *pile driving analyzer*

*Penulis Korespondensi : mhd.noufal666@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur pergudangan merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung sistem logistik nasional, khususnya dalam penyimpanan komoditas pangan strategis seperti beras. Gudang Bulog memiliki peranan vital dalam menjaga stabilitas ketersediaan dan distribusi pangan, sehingga bangunan gudang harus direncanakan dengan baik, terutama dari segi struktur dan pondasi. Pondasi sebagai elemen struktur bawah berfungsi menyalurkan beban bangunan ke tanah dasar secara aman tanpa menimbulkan penurunan yang berlebihan atau kegagalan struktur, yaitu bagian terendah bangunan yang meneruskan beban ke tanah atau batuan di bawahnya (Putri et al., 2021). Pondasi memastikan stabilitas bangunan agar tidak mengalami penurunan (*settlement*) atau keretakan (Hendri, 2008).

Wilayah Koto Malintang Kamang secara geologis terletak di kawasan perbukitan Sumatera Barat dengan karakteristik tanah bervariasi. Kondisi tanah yang tidak seragam berpotensi menimbulkan penurunan tanah (*settlement*) yang tidak seragam dan membahayakan kestabilan struktur bangunan (Bowles, 2012). Berdasarkan hasil penyelidikan tanah pada lokasi pembangunan Gudang Komoditas Pangan (GKP) BULOG, kondisi tanah permukaan menunjukkan karakteristik lunak hingga sedang, sedangkan lapisan tanah keras ditemukan pada kedalaman sekitar 7–8 meter. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penggunaan pondasi dalam berupa *bore pile* diperlukan agar beban struktur dapat disalurkan secara optimal menuju lapisan tanah dengan daya dukung lebih baik. Pondasi *bore pile* merupakan pondasi dalam berbentuk silinder yang dibuat dengan mengebor tanah, kemudian diisi tulangan dan dicor beton; pondasi ini minim getaran dan kebisingan serta mampu menopang beban berat bangunan (Das, 1995).

Kajian mengenai daya dukung pondasi *bore pile* telah banyak dilakukan pada berbagai jenis bangunan, misalnya pada Gedung SMK Tunas Harapan Bangsa Cianjur (Siagian & Manurung, 2023) dan Gedung Malang Creative Center (Indra et al., 2024), yang keduanya menekankan pentingnya korelasi data N-SPT terhadap parameter kuat geser tanah. Studi lain di lingkungan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat juga membandingkan beberapa metode empiris seperti Meyerhof, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt (Gavindo, 2024), serta mengevaluasi efisiensi penggunaan *bore pile* pada bangunan rumah susun (Viske, 2023). Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut yang umumnya berhenti pada tahap perhitungan teoritis, penelitian ini memberikan unsur kebaruan berupa verifikasi silang antara hasil perhitungan metode Reese & Wright (1977) dengan data uji dinamis lapangan (PDA dan CAPWAP) pada proyek yang sama, sehingga tingkat keandalan pendekatan analitis dapat diuji secara langsung terhadap kondisi aktual. Pendekatan evaluasi teknis semacam ini sejalan dengan semangat kajian kelayakan infrastruktur di Sumatera Barat pada umumnya (Ramdani et al., 2025).

Penelitian ini memanfaatkan data hasil penyelidikan tanah berupa *standard penetration test* (SPT) untuk menganalisis daya dukung pondasi *bore pile* menggunakan metode Reese & Wright (1977) sebagaimana diuraikan pada manual perencanaan tiang bor (Rahardjo, 2005; Bowles, 1997), serta mengevaluasi

penurunan (*settlement*) menggunakan metode Vesic (1977) untuk memastikan nilai penurunan masih memenuhi batas toleransi yang diizinkan. Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengkaji karakteristik tanah berdasarkan data SPT; (2) menganalisis kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* dengan metode Reese & Wright; (3) menganalisis besarnya penurunan pondasi dengan metode Vesic (1977); dan (4) membandingkan hasil daya dukung dan penurunan teoritis dengan data uji lapangan PDA dan CAPWAP. Hasil penelitian diharapkan menjadi bahan referensi dalam analisis daya dukung pondasi *bore pile* pada bangunan gudang dengan data penyelidikan tanah aktual.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Gudang Bulog Komoditas Pangan Kapasitas 1000 Ton di Komplek Pergudangan Koto Malintang Kamang, Jl. Surau Usang, Koto Tengah, Kecamatan Tilatang Kamang, Kabupaten Agam, Sumatera Barat, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Lokasi Penelitian (Sumber: Google Maps)

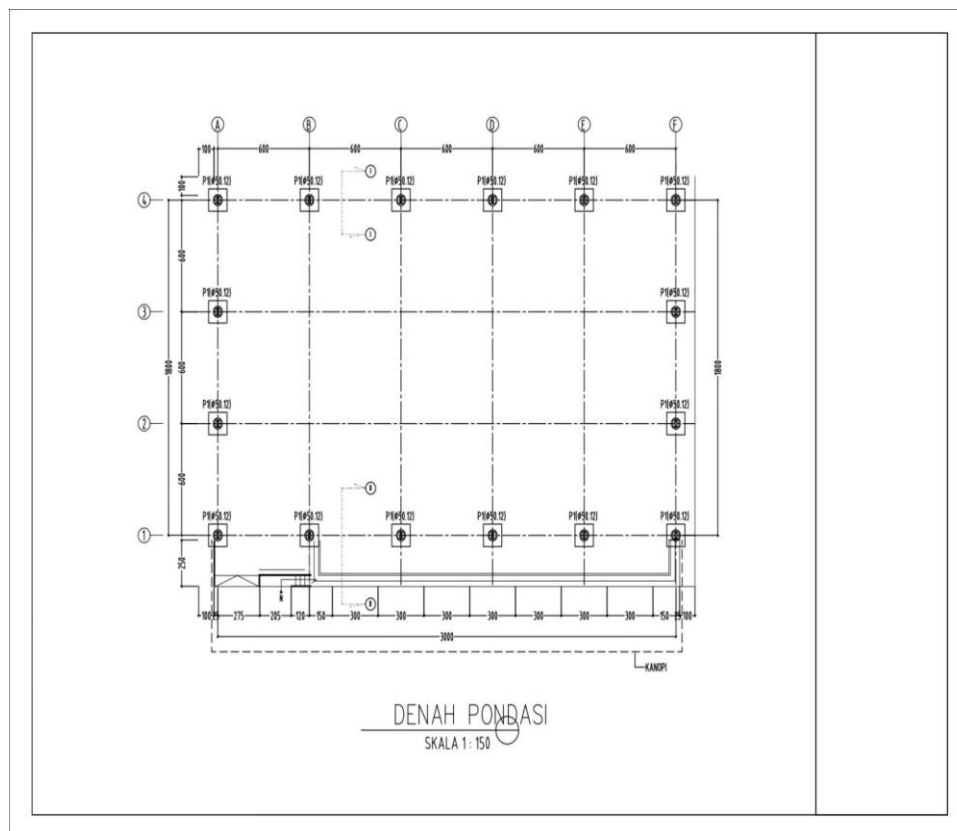
Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data sekunder yang diperoleh dari konsultan pengawas proyek (PT. Synpra Consultant) dan konsultan penyelidikan tanah (RAE Consultant). Data penyelidikan tanah terdiri atas data *Cone Penetration Test* (CPT) dan *standard penetration test* (SPT); data CPT digunakan untuk mengidentifikasi profil lapisan tanah, sedangkan analisis daya dukung pondasi difokuskan pada data N-SPT titik bor BH-01 dengan metode Reese & Wright. Data teknis pondasi yang dianalisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Data Teknis Pondasi *Bore Pile*

Parameter	Nilai
Diameter <i>bore pile</i> (D)	40 cm = 0,40 m
Panjang efektif <i>bore pile</i> (L)	11,6 m (tidak termasuk poer 0,4 m)
Kedalaman dari muka tanah asli	12 m
Mutu beton (f_c')	24,9 MPa
Luas penampang ujung (A_p)	0,1256 m ²
Keliling tiang (p)	1,2566 m
Modulus elastisitas beton (E_p)	23.453 MPa = 23.452.953 kN/m ²
Faktor keamanan (SF)	3

Sumber: Dokumen Perencana (2026)

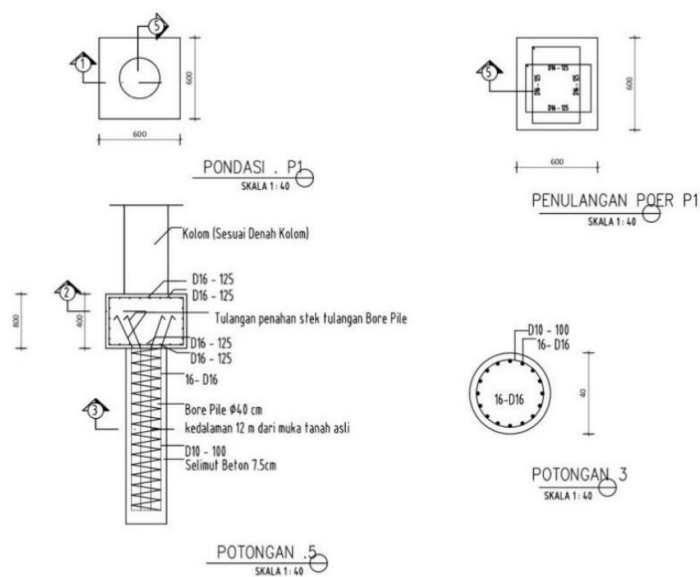
Tahapan penelitian meliputi: (1) koordinasi dengan konsultan pengawas untuk memperoleh izin dan data pendukung; (2) pengumpulan data penyelidikan tanah dari penanggung jawab proyek; (3) pengolahan data N-SPT untuk analisis daya dukung dan penurunan pondasi *bore pile* tunggal; serta (4) verifikasi hasil perhitungan teoritis terhadap data uji lapangan PDA dan analisis CAPWAP, kemudian penarikan kesimpulan.

Gambar 2: Denah Pondasi *Bore Pile* (Sumber: Dokumen Perencana 2026)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Tanah Berdasarkan Data N-SPT

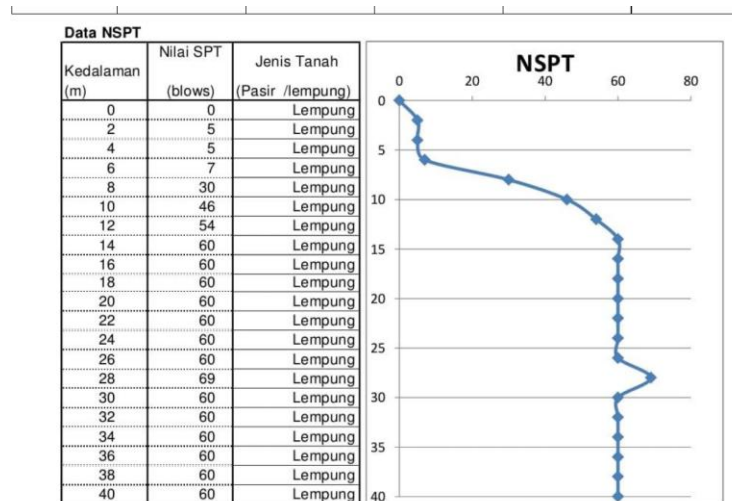
Data penyelidikan tanah diperoleh dari pengujian *standard penetration test* (SPT) metode ASTM D.1586-67 (1974) oleh RAE Consultant pada titik bor BH-01, dengan interval kedalaman 2 m hingga 40 m. Nilai N-SPT yang digunakan merupakan jumlah pukulan pada penetrasi kedua dan ketiga ($N = N_2 + N_3$); nilai yang tercatat ">60" digunakan nilai 60 sebagai batas maksimum alat. Detail konfigurasi tulangan dan kedalaman tiang ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan rekapitulasi nilai N-SPT disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 4.



Gambar 3: Detail Pondasi Bore Pile (Sumber: Dokumen Perencana)

Tabel 2: Rekapitulasi Nilai N-SPT BH-01 (ASTM D.1586-67)

Kedalaman (m)	N1	N2	N3	ΣN (blows)
0	0	0	0	0
2	1	2	3	5
4	2	2	3	5
6	2	3	4	7
8	6	11	19	30
10	12	19	27	46
12	11	24	30	54
14	10	40	20	> 60
16 – 40	13–40	37–60	8–23	> 60



Gambar 4: Profil Data N-SPT BH-01 (Sumber: Dokumen Perencana)

Nilai N-SPT meningkat signifikan mulai kedalaman 8 m ($N = 30$) hingga mencapai nilai stabil di atas 60 pada kedalaman 14 m ke bawah. Lapisan 0–6 m tergolong lunak ($N = 0-7$), sedangkan mulai kedalaman 8 m tanah mulai mengeras. Kondisi ini menunjukkan bahwa penetapan kedalaman *bore pile* 12 m dari muka tanah asli sudah tepat karena ujung tiang menembus lapisan tanah dengan daya dukung memadai.

3.2 Analisis Pembebanan Aksial (Service Load)

Beban aksial vertikal pada kepala tiang ditinjau pada kolom As A–F yang mewakili kondisi pembebanan terberat, dengan luas tributary atap $A_t = 6,00 \text{ m} \times 9,10 \text{ m} = 54,60 \text{ m}^2$. Sesuai SNI 1727:2020, beban yang diperhitungkan mencakup beban mati (D) dan beban hidup atap (Lr) tanpa faktor beban (*unfactored*), karena digunakan untuk kontrol daya dukung ijin dalam kondisi layan. Beban komoditas pangan disalurkan langsung ke tanah dasar melalui sistem lantai *Slab on Ground* sehingga tidak dipikul kolom maupun pondasi. Rekapitulasi pembebanan aksial disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Rekapitulasi Pembebanan Aksial Tiang *Bore Pile*

Elemen Pembebanan	Jenis Beban	Nilai (kN)	Nilai (ton)
Struktur atas (rangka baja, atap & dinding)	Mati (D)	40,32	4,03
Struktur bawah (pedestal, sloof, batu kali, <i>pile cap</i>)	Mati (D)	71,25	7,12
Total beban mati (D total)	Mati (D)	111,57	11,15
Total beban hidup atap (Lr)	Hidup (Lr)	52,42	5,24
Total beban aksial service ($P_{\text{service}} = D + Lr$)	Kombinasi	163,99	16,39

Total beban aksial kerja (P_{service}) yang bekerja pada satu titik pondasi *bore pile* tunggal sebesar 163,99 kN (16,39 ton). Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai acuan evaluasi daya dukung ijin dan analisis penurunan pondasi.

3.3 Analisis Daya Dukung Pondasi Metode Reese & Wright (1977)

Kapasitas daya dukung ultimit pondasi *bore pile* merupakan jumlah daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung selimut tiang (Q_s). Karena seluruh lapisan tanah pada lokasi penelitian bersifat kohesif (lempung), seluruh perhitungan menggunakan pendekatan tanah kohesif. Nilai N-SPT rata-rata pada zona ujung tiang ditentukan dari rentang 10D di atas hingga 4D di bawah ujung tiang (D = diameter tiang), sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Nilai N-SPT pada Zona Ujung Tiang

Zona	Kedalaman (m)	N-SPT	Keterangan
10D di atas ujung	8	30	$N_2+N_3 = 11+19$
10D di atas ujung	10	46	$N_2+N_3 = 19+27$
Ujung tiang	12	54	$N_2+N_3 = 24+30$
4D di bawah ujung	14	60	$> 60 \rightarrow 60$
N-SPT rata-rata zona ujung	-	47,5	-

Nilai kuat geser tak terdrainase (c_u) diperoleh dari korelasi Stroud (1974), $c_u = 5N$, sehingga pada zona ujung tiang $c_u = 5 \times 47,5 = 237,5 \text{ kN/m}^2$. Tahanan ujung per satuan luas untuk tanah kohesif dihitung dengan faktor daya dukung 9, sehingga $q_p = 9 \times c_u = 2.137,5 \text{ kN/m}^2$. Daya dukung ujung tiang diperoleh dari $Q_p = q_p \times A_p = 2.137,5 \times 0,1256 = 268,47 \text{ kN}$.

Daya dukung selimut tiang (Q_s) dihitung dari akumulasi tahanan gesek setiap lapisan tanah sepanjang panjang efektif tiang, menggunakan koefisien adhesi $\alpha = 0,55$ untuk *bore pile* pada tanah kohesif ($f_s = \alpha \times c_u$). Perhitungan per lapisan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5: Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

Kedalaman (m)	N-SPT	$C_u = 5N \text{ (kPa)}$	$f_s = \alpha \times C_u \text{ (kPa)}$	$L_i \text{ (m)}$	$Q_{si} \text{ (kN)}$
0-2	5	25	13,75	2	34,56
2-4	5	25	13,75	2	34,56
4-6	7	35	19,25	2	48,38
6-8	30	150	82,50	2	207,34
8-10	46	230	126,50	2	317,92
10-11,6	54	270	148,50	1,6	298,76

Total daya dukung selimut tiang $Q_s = 941,52 \text{ kN}$, dengan kontribusi dominan berasal dari lapisan 8-11,6 m akibat nilai N-SPT yang jauh lebih tinggi dibandingkan lapisan di atasnya.

Tabel 6: Rekapitulasi Daya Dukung Pondasi *Bore Pile*

Komponen	Nilai
Daya dukung ujung (Q_p)	268,47 kN
Daya dukung selimut (Q_s)	941,52 kN
Daya dukung ultimit ($Q_u = Q_p + Q_s$)	1.209,99 kN
Faktor keamanan (SF)	3
Daya dukung ijin ($Q_{ijin} = Q_u/SF$)	403,33 kN = 41,12 ton

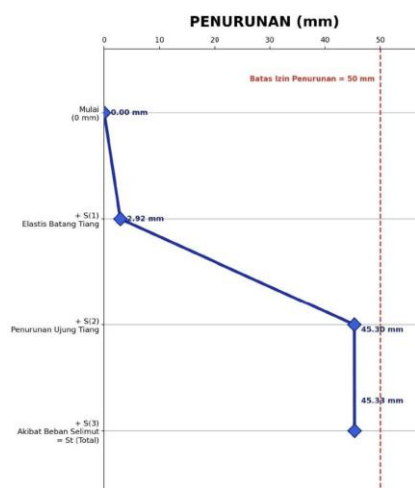
Kontrol kelayakan: $P_{service} (16,39 \text{ ton}) \leq Q_{ijin} (41,12 \text{ ton}) \rightarrow$ memenuhi syarat keamanan, sehingga pondasi dinyatakan aman terhadap keruntuhan daya dukung aksial.

3.4 Analisis Penurunan Pondasi Metode Vesic (1977)

Penurunan total tiang tunggal (S_t) dihitung sebagai penjumlahan tiga komponen: penurunan elastis batang tiang $S(1)$, penurunan tanah di ujung tiang $S(2)$, dan penurunan tanah akibat beban selimut $S(3)$. Modulus elastisitas beton yang digunakan $E_p = 23.453 \text{ MPa}$ ($f_c' = 24,9 \text{ MPa}$). Hasil rekapitulasi disajikan pada Tabel 7 dan divisualisasikan pada Gambar 5.

Tabel 7: Rekapitulasi Hasil Perhitungan Penurunan Pondasi

Komponen Penurunan	Nilai (mm)	Batas Ijin (mm)
S(1) - Elastis batang tiang	2,92	-
S(2) - Penurunan tanah di ujung tiang	42,38	-
S(3) - Penurunan akibat beban selimut	0,038	-
S_t - Penurunan total	45,33	50
Kesimpulan	$S_t = 45,33 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \rightarrow$ AMAN	



Gambar 5: Grafik Akumulasi Penurunan Metode Vesic (Sumber: Hasil Perhitungan)

Komponen $S(2)$ memberikan kontribusi paling dominan ($\pm 93,5\%$ dari total penurunan), mengindikasikan bahwa deformasi tanah di sekitar ujung tiang merupakan faktor utama pengendali penurunan pondasi, sedangkan kontribusi $S(1)$ ($\pm 6,4\%$) dan $S(3)$ ($\pm 0,08\%$) relatif kecil. Nilai penurunan total $45,33 \text{ mm}$ masih berada di bawah batas toleransi izin 50 mm sesuai SNI 8460:2017 dan kriteria Skempton & MacDonald (1956), sehingga pondasi dinyatakan aman terhadap penurunan.

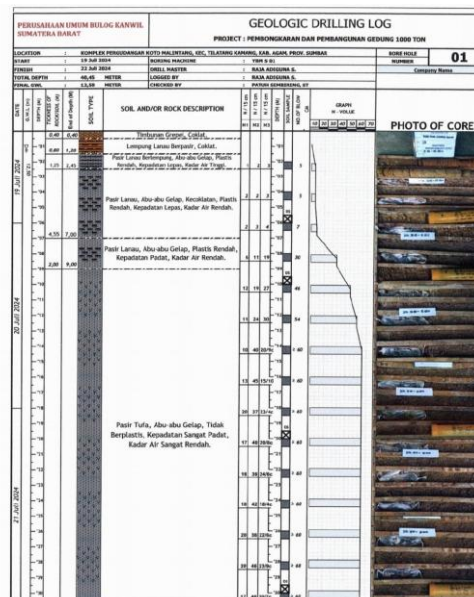
3.5 Kontrol Muka Air Tanah, Geser, dan Guling

Berdasarkan *geologic drilling log* BH-01 (Gambar 6), muka air tanah akhir (*final GWL*) tercatat pada kedalaman $12,50 \text{ m}$, sedangkan ujung tiang berada pada

kedalaman 12,00 m – yaitu 0,50 m di atas GWL, sehingga tidak diperlukan koreksi tegangan efektif maupun gaya angkat (buoyancy) pada tiang (Tabel 8).

Tabel 8: Kontrol Kedalaman Pondasi terhadap Muka Air Tanah

Parameter	Nilai
Muka air tanah (<i>final GWL</i>) – BH-01	12,50 m
Kedalaman ujung pondasi <i>bore pile</i>	12,00 m
Posisi ujung tiang terhadap GWL	0,50 m di atas GWL
Kesimpulan	Aman, tidak perlu koreksi tegangan efektif



Gambar 6: Data Geologis Drilling Log BH-01 (Sumber: Dokumen Perencana)

Kontrol tambahan terhadap gaya lateral dilakukan menggunakan beban angin minimum SNI 1727:2020 (0,25 kN/m²), diperoleh beban angin kerja $H = 10,80$ kN. Dengan asumsi kepala tiang terjepit (*fixed head*), kapasitas lateral ultimit dihitung menggunakan persamaan Broms (1964) untuk tiang pendek pada tanah kohesif, menghasilkan $H_u = 990,00$ kN dan kapasitas lateral izin $H_{ijin} = 396,00$ kN ($SF = 2,5$). Karena persamaan Broms diturunkan dari kesetimbangan momen rotasi tiang, kontrol guling secara konsep telah tercakup dalam kontrol kapasitas lateral tersebut. Rekapitulasi kontrol disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9: Rekapitulasi Kontrol Geser dan Guling Pondasi *Bore Pile*

Parameter	Nilai	Keterangan
Beban angin kerja (H)	10,80 kN	SNI 1727:2020
Kapasitas lateral ultimit (H_u)	990,00 kN	Metode Broms (1964)
Kapasitas lateral izin (H_{ijin})	396,00 kN	$SF = 2,5$
Kontrol geser	$H < H_{ijin}$	AMAN
Kontrol guling	$H \ll H_{ijin}$	AMAN (tercakup dalam kontrol geser)

3.6 Verifikasi dengan Uji PDA dan Analisis CAPWAP

Verifikasi dilakukan terhadap data uji dinamis *Pile Driving Analyzer* (PDA) dan analisis CAPWAP pada Titik 16 (Laporan PDA No. 1005/PDA-HKM/III/2026, PT. Harista Karsa Mandiri), pada proyek dan lokasi yang sama dengan objek penelitian. Pengujian dilaksanakan 11 Maret 2026 mengacu ASTM D4945-08 pada *bore pile* Ø400 mm dalam bentuk *restrike test* menggunakan *drop hammer* 2 ton, menghasilkan kapasitas ultimit 114 ton (PDA) dan 110,6 ton (CAPWAP), tanpa indikasi cacat tiang. Perbandingan hasil perhitungan teoritis (dikonversi 1 ton = 9,81 kN) terhadap hasil uji disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10: Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Teoritis dan Hasil Uji PDA-CAPWAP

Komponen Daya Dukung	Reese & Wright (ton)	PDA-CAPWAP (ton)	Selisih (ton)	Selisih (%)
Tahanan ujung (Q_p)	27,37	11,40	15,97	140,1
Tahanan selimut/friksi (Q_s)	95,97	99,20	-3,23	-3,3
Daya dukung ultimit (Q_u)	123,34	110,60	12,74	11,5

Selisih dihitung terhadap nilai hasil uji PDA-CAPWAP sebagai acuan. Sebagai kontrol tambahan, daya dukung ijin hasil uji PDA-CAPWAP dihitung dengan $SF = 2$ sesuai SNI 8460:2017 untuk pondasi yang telah diverifikasi melalui uji pembebanan dinamis, menghasilkan $Q_{ijin} = 55,30$ ton. Kontrol keamanan terhadap beban aksial kerja disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11: Kontrol Keamanan Daya Dukung Ijin terhadap Beban Aksial Kerja

Sumber Kapasitas	Q_{ijin} (ton)	$P_{service}$ (ton)	Status
Reese & Wright ($SF = 3$)	41,12	16,39	Aman
PDA-CAPWAP ($SF = 2$)	55,30	16,39	Aman

Kedua sumber kapasitas daya dukung ijin sama-sama jauh melampaui beban aksial kerja (16,39 ton), dengan selisih daya dukung ultimit antara pendekatan teoritis dan hasil uji lapangan sebesar 11,5%. Hal ini menunjukkan bahwa metode Reese & Wright (1977) berbasis data N-SPT cukup representatif digunakan pada kondisi tanah lokasi penelitian, sekaligus menegaskan konsistensi antara pendekatan analitis dan kondisi aktual di lapangan.

4. KESIMPULAN

Karakteristik tanah pada lokasi penelitian berdasarkan data N-SPT BH-01 tergolong lunak hingga sedang ($N = 0-7$) pada kedalaman 0-6 m, meningkat signifikan mulai kedalaman 8 m dan mencapai kondisi keras ($N > 60$) pada kedalaman 14 m ke bawah, sehingga penetapan kedalaman *bore pile* 12 m telah tepat. Analisis daya dukung metode Reese & Wright (1977) menghasilkan $Q_p = 268,47$ kN, $Q_s = 941,52$ kN, dan $Q_u = 1.209,99$ kN, dengan daya dukung ijin ($SF = 3$) sebesar 403,33 kN (41,12 ton) — jauh melampaui beban aksial kerja 163,99 kN (16,39 ton), sehingga pondasi aman terhadap keruntuhan daya dukung. Analisis

penurunan metode Vesic (1977) menghasilkan penurunan total 45,33 mm ($S(1) = 2,92$ mm; $S(2) = 42,38$ mm; $S(3) = 0,038$ mm), masih di bawah batas ijin 50 mm sesuai SNI 8460:2017. Verifikasi terhadap uji PDA-CAPWAP pada Titik 16 menunjukkan kesesuaian yang baik (selisih daya dukung ultimit 11,5%), sementara kontrol tambahan geser dan guling akibat beban angin menunjukkan kapasitas lateral izin (396,00 kN) jauh melampaui beban lateral kerja (10,80 kN).

Penelitian ini memperkuat penerapan metode Reese & Wright berbasis data N-SPT untuk analisis daya dukung *bore pile* pada tanah kohesif di Sumatera Barat, dengan kontribusi berupa verifikasi silang terhadap data uji lapangan dinamis (PDA-CAPWAP) yang jarang tersedia secara bersamaan pada satu proyek. Studi ini masih terbatas pada satu titik bor dan satu titik uji PDA, serta belum mempertimbangkan kombinasi pembebanan gempa sesuai SNI 1726:2019 maupun data uji laboratorium (triaksial) untuk nilai kuat geser tanah secara langsung. Penelitian lanjutan disarankan menambah titik uji PDA, memasukkan analisis beban gempa, serta membandingkan metode Reese & Wright dengan metode lain (misalnya Meyerhof, 1976; atau Luciano Decourt sebagaimana dikaji Gavindo, 2024) pada data tanah yang sama untuk memperoleh gambaran keandalan metode yang lebih komprehensif.

5. REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017: Persyaratan perancangan geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020: Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Badan Standarisasi Nasional.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Bowles, J. E. (2012). *Sifat-sifat fisik dan geoteknis tanah* (J. K. Hainim, Terj., Cetakan ke-2). Erlangga. (Karya asli diterbitkan 1984).
- Broms, B. B. (1964). Lateral resistance of piles in cohesive soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 90(SM2), 27–63.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknik)*. Erlangga.
- Gavindo, A. (2024). *Evaluasi perhitungan bore pile dengan metode Mayerhoff, metode Aoki & De Alencar, metode Luciano Decourt Rumah Susun Polresta Bukittinggi* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat].
- Hendri, P. G. (2008). *Pertimbangan dalam pemilihan daya dukung pondasi tiang pancang dengan beberapa metoda (Statik, dinamis, tes PDA)*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Indra, S., Yudianto, E. A., & Fadilla, J. (2024). Studi alternatif perencanaan pondasi tiang bor (bore pile) pada Gedung Malang Creative Center (MCC). *Student Journal Gelagar*, 10(X).
- Meyerhof, G. G. (1976). Bearing capacity and settlement of pile foundations. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 102(GT3), 197–228.
- Putri, A. H., Masril, M., & Kurniawan, D. (2021). Perencanaan struktur gedung Pasar Raya Padang. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(1), 137–143.
- Rahardjo, P. P. (2005). *Manual pondasi tiang* (Edisi 3). GEC-Geotechnical Engineering Centre.

- Ramdani, D. M., Priana, S. E., & Yusman, A. S. (2025). Evaluasi estimasi waktu proyek jalan menggunakan metode PERT (Studi kasus: Proyek pekerjaan rekonstruksi ruas jalan Tj. Ampalu-Sijunjung P.008) Kabupaten Sijunjung. *Rangkiang Jurnal*, 1(2), 1-10.
- Reese, L. C., & Wright, S. J. (1977). *Drilled shaft manual*. Federal Highway Administration.
- Siagian, B. M., & Manurung, B. F. S. (2023). Analisis daya dukung pondasi bore pile pada pembangunan Gedung SMK Tunas Harapan Bangsa Cianjur. *Jurnal Universitas Krisnadwipayana*.
- Skempton, A. W., & MacDonald, D. H. (1956). The allowable settlements of buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 5(6), 727-768.
- Stroud, M. A. (1974). The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks. *Proceedings of the 1st European Symposium on Penetration Testing*, 2(2), 367-375.
- Vesic, A. S. (1977). *Design of pile foundations* (NCHRP Synthesis of Highway Practice No. 42). Transportation Research Board, National Research Council.
- Viske, B. (2023). *Efisiensi penggunaan pondasi bore pile pada proyek pembangunan Rumah Susun ASN Universitas Andalas* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat].