

PENGEMBANGAN GRAFIK RANCANG AWAL FONDASI TIANG UNTUK STRUKTUR OVERLAND CONVEYOR: PENDEKATAN PRAKTIS BERBASIS DATA GEOTEKNIK

Aisya Galuh Laksita^{1*}, Angga Darmawan²

¹Universitas Islam Indonesia

²Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa

*E-mail : 245111201@uii.ac.id

Abstract

Overland Conveyors (OLC) are widely recognized as a reliable and energy-efficient solution for bulk material transport in modern mining operations. However, their structural integrity is highly dependent on a foundation system capable of safely resisting axial, tensile, and lateral loads—especially when constructed across diverse and challenging subsoil conditions. This study presents a geotechnical-based analytical approach to estimate the single-pile capacity of bored and driven piles along the proposed OLC alignment in East Kalimantan, Indonesia. Subsurface investigations from 23 boreholes, comprising SPT and CPT data, were used to evaluate bearing capacity for pile diameters ranging from 0.3 to 1.0 meters and depths up to 50 meters. Load demands were assumed based on preliminary structural considerations: 2000 kN axial load and 280 kN lateral load per foundation unit. The analysis incorporates empirical methods for axial and uplift capacity, adjusted for dominant soil types, while lateral capacity was assessed using Broms' method. Results are visualized through a set of design-friendly graphs, enabling rapid configuration assessment (single or grouped piles) without the need for finalized structural loads. These graphs serve as a practical tool for early-stage design exploration, helping engineers balance safety, constructability, and cost. Ultimately, this research offers not only a systematic method for selecting efficient pile configurations under variable geotechnical profiles, but also reinforces the importance of field data-driven foundation planning for resilient and cost-effective OLC infrastructure.

Key Words : *Overland Conveyor, Pile Foundation, Axial and Lateral Load, Geotechnical Investigation, Preliminary Design*

1. PENDAHULUAN

Sistem transportasi hasil tambang merupakan komponen penting dalam rantai produksi tambang yang memengaruhi efisiensi operasional, keberlanjutan, dan dampak lingkungan. Berbagai moda seperti hauling truck, kereta tambang, pipeline, dan conveyor belt digunakan sesuai kondisi medan, jarak angkut, dan umur tambang. Di antara opsi tersebut, Overland Conveyor (OLC) menjadi pilihan unggul karena efisiensi energi, kemampuan operasi kontinu 24 jam selama 7 hari, dan umur layanan hingga 30 tahun. OLC

terbukti memiliki ketersediaan fisik hingga 95%, mampu melintasi medan curam 30–35°, serta lebih minim perawatan dibanding sistem trucking konvensional yang hanya mencapai efisiensi 66% dan terbatas pada kemiringan 6–8° (Rudianto & Hartanto, 2019).

Salah satu proyek pembangunan OLC direncanakan di wilayah pertambangan batubara Kalimantan Timur. Jalur OLC ini akan dibangun dalam bentuk struktur elevated yang memanjang dari STA 8+00 hingga STA 23+70. Karena struktur berdiri di atas tanah terbuka dan tidak rigid dengan permukaan,

maka diperlukan sistem pondasi tiang yang mampu menahan beban aksial, beban tarik, serta potensi defleksi lateral.

Tantangan utama dalam perencanaan fondasi struktur OLC ini terletak pada kondisi geoteknik yang sangat bervariasi. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah pada 23 titik di sepanjang trase, diperoleh bahwa kedalaman lapisan keras dan parameter kekuatan tanah mengalami variasi signifikan antar lokasi. Di sisi lain, pada tahap perencanaan awal, informasi beban struktur masih tersedia dalam bentuk estimasi global sepanjang jalur OLC tanpa disertai rincian pembebanan per STA, yang umumnya bergantung pada variasi elevasi dan panjang bentang bebas antar pilar.

Dalam konteks tersebut, diperlukan suatu pendekatan analitis yang fleksibel untuk mengevaluasi kapasitas dukung fondasi tiang pada setiap titik, berdasarkan data tanah yang tersedia. Studi ini menyajikan perhitungan kapasitas dukung aksial, kapasitas tarik, dan kapasitas lateral tiang dengan variasi diameter (0,3–0,8 m) dan kedalaman tertentu, di mana evaluasi beban lateral dilakukan menggunakan metode Broms (1964) dalam Hardiyatmo, (2018). Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel komprehensif yang dapat digunakan sebagai panduan teknis dalam pemilihan dimensi dan kedalaman fondasi yang optimal, dengan mempertimbangkan efisiensi teknis, kemudahan pelaksanaan, serta aspek biaya.

Penyajian hasil dalam bentuk grafik memberikan manfaat signifikan dalam proses eksplorasi desain fondasi, terutama dalam kondisi di mana informasi beban struktur belum tersedia secara rinci. Grafik ini memungkinkan pengguna untuk secara cepat mengidentifikasi kombinasi kedalaman dan diameter tiang yang sesuai dengan kondisi tanah di setiap titik, sehingga mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih efisien dan tepat dalam perencanaan fondasi struktur OLC.

Struktur Overland Conveyor (OLC) dalam sistem transportasi tambang memerlukan desain fondasi yang mampu menahan berbagai jenis beban operasional, terutama beban vertikal, horizontal, dan lateral yang masing-masing memiliki karakteristik serta dampak tersendiri terhadap performa fondasi. Beban vertikal berasal dari berat struktur dan material angkut, serta perubahan elevasi sepanjang lintasan (Mainzer & Meinhard, 2004). Beban horizontal muncul akibat alinyemen jalur yang mengikuti kontur medan dan perubahan arah lintasan, terutama pada sistem dengan banyak kurva horizontal seperti Skyline Overland Pipe Conveyor yang memiliki 22 kurva (Neubecker, 1998). Beban lateral lainnya dapat muncul pada titik-titik transfer material antar segmen conveyor atau akibat gaya dinamis operasi, yang dapat menimbulkan tekanan eksentris pada elemen fondasi (Marc & Alain, 1997; Alspaugh, 2006). Oleh karena itu, pemahaman terhadap interaksi berbagai jenis beban ini menjadi kunci dalam perencanaan fondasi tiang yang andal, terutama saat sistem dibangun di atas tanah dengan kondisi geoteknik yang bervariasi.

Perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan empiris berdasarkan jenis tanah dominan. Untuk tanah pasir, digunakan metode Reese dan O'Neill (1975) dalam Hardiyatmo (2018), yang menyatakan kapasitas total tiang (Q) sebagai penjumlahan antara kapasitas ujung (Q_b) dan kapasitas gesek samping (Q_s):

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

$$Q_b = q_b \cdot A_b \quad (2)$$

$$Q_s = \int f_s \cdot dA_s \quad (3)$$

Pada tanah lempung, digunakan pendekatan Skempton (1951) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_b = N_c S_u A_b \quad (4)$$

$$Q_s = \alpha \cdot S_u \cdot A_s \quad (5)$$

Untuk pondasi pancang beton pracetak (*spun pile*), kapasitas ujung dianalisis

menggunakan rumus Meyerhof (1976) dalam (Hardiyatmo, 2018). Pada tanah lempung digunakan:

$$Q_b = N_c S_u A_b \quad (6)$$

dan pada tanah pasir:

$$Q_b = q \cdot N_b \cdot A_b \quad (7)$$

Sementara itu, kapasitas gesek samping dihitung mengacu pada pedoman US Army Corps of Engineers (1991) sebagai berikut:

$$Q_s = \sum (f_s \cdot \Delta L \cdot \pi \cdot D) \quad (8)$$

Dengan: Q_t = kapasitas total tiang (kN); Q_b = kapasitas ujung tiang (kN); Q_s = kapasitas gesek samping (kN); q_b = tekanan ujung pada tanah pasir (kPa); A_b = luas ujung tiang (m²); f_s = tegangan geser tanah (kPa); A_s = luas permukaan gesek tiang (m²); N_c = faktor kapasitas ujung tanah lempung; S_u = kuat geser tak terdrainase (kPa); α = koefisien adhesi; q = tekanan efektif (kPa); N_q = faktor ujung tanah pasir; ΔL = panjang segmen elemen (m); D = diameter tiang (m).

Dalam penelitian ini, kapasitas dukung lateral ultimit tiang tunggal (H_u) dihitung menggunakan metode Broms (1964) untuk kondisi tiang ujung jepit (fixed-head pile), sebagaimana dijelaskan oleh Hardiyatmo (2018). Pemilihan model ujung jepit dipertimbangkan karena lebih umum diterapkan pada kondisi lapangan, terutama untuk tiang pancang yang ditanam dan terkunci dalam pile cap.

Kriteria kekakuan tiang dinilai melalui parameter tak berdimensi α sebagai berikut:

$$\alpha = \left(\frac{n_h}{E_p \cdot I_p} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (9)$$

Dengan n_h = koefisien reaksi tanah lateral (kN/m³), E_p adalah modulus elastisitas (kN/m²), I_p adalah momen inersia penampang tiang (m⁴), dan L adalah panjang tiang (m).

Tiang diklasifikasikan menjadi tiang pendek apabila $\alpha L < 2$, sedangkan tiang diklasifikasikan menjadi tiang panjang bila $\alpha L > 4$.

Untuk tiang pendek ujung jepit, kapasitas lateral ultimit tiang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$H_u = \frac{3}{2} \cdot \gamma \cdot d \cdot L^2 \cdot K_p \quad (10)$$

Untuk tiang panjang ujung jepit, kapasitas ultimit ditentukan dengan pendekatan momen plastis. Langkah-langkahnya adalah:

1. Estimasi kedalaman titik momen maksimum:

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{d \cdot K_p \cdot \gamma}} \quad (11)$$

2. Hitung kapasitas ultimit:

$$H_u = \frac{2 \cdot M_y}{e + \frac{2f}{3}} \quad (12)$$

Dengan γ adalah berat volume tanah (kN/m³), d adalah diameter tanah (m), e adalah eksentrisitas beban lateral terhadap permukaan tanah (m), K_p adalah $\left(\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right)$ dan M_y adalah kapasitas momen lentur maksimum tiang (kNm).

Evaluasi akhir dilakukan dengan membandingkan M_{mak} hasil dari asumsi awal dengan kapasitas lentur tiang M_y . Jika $M_{mak} > M_y$, maka digunakan rumus tiang panjang, dan iterasi dilakukan sampai nilai H_u konvergen.

Nilai n_h diestimasi berdasarkan tabel korelasi antara nilai N-SPT dan kerapatan relatif tanah (D_r), sesuai referensi Terzaghi dalam Hardiyatmo (2018).

2. METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rekomendasi kedalaman pondasi tiang berdasarkan kapasitas dukung aksial, tarik, dan lateral dari data hasil penyelidikan tanah, terutama uji SPT dan CPT. Lokasi penelitian berada di area rencana pembangunan Overland Conveyor (OLC) yang membentang sepanjang $\pm 1,6$ km di Kalimantan Timur.

Data geoteknik diperoleh dari 23 titik penyelidikan, masing-masing dilengkapi dengan data SPT dan CPT (lihat Tabel 1). Data ini digunakan untuk menghitung kapasitas dukung aksial dan tarik tiang berdasarkan referensi (Hardiyatmo, 2018), sedangkan kapasitas lateral dihitung menggunakan metode Broms (1964).

Tabel 1. Sebaran Titik Penyelidikan Tanah pada STA 8+00 sampai 23+70

| No | ID | STA | No | ID | STA |
|----|---------|-------|----|---------|-------|
| 1 | B-BLC1 | 9+20 | 13 | BLC30 | 17+35 |
| 2 | BLC26 | 9+70 | 14 | SLC31-1 | 17+90 |
| 3 | BLC26-1 | 10+70 | 15 | SLC32 | 18+40 |
| 4 | BLC27 | 11+60 | 16 | BLC31 | 19+45 |
| 5 | SLC25 | 12+50 | 17 | SLC33 | 20+20 |
| 6 | SLC26 | 13+00 | 18 | SLC34 | 20+90 |
| 7 | SLC27 | 13+20 | 19 | BLC32 | 21+25 |
| 8 | BLC28 | 13+70 | 20 | SLC35 | 21+75 |
| 9 | SLC28 | 14+50 | 21 | B-BLC2 | 22+20 |
| 10 | BLC29 | 15+40 | 22 | BLC33-1 | 22+80 |
| 11 | SLC29 | 15+60 | 23 | SLC37 | 23+60 |
| 12 | SLC30 | 16+35 | | | |

Analisis dilakukan dengan asumsi beban maksimum struktur dari dokumen *project* sebesar 2000 kN untuk beban aksial dan 280 kN untuk beban lateral. Pendekatan ini dipilih agar grafik hasil perhitungan dapat digunakan secara konservatif pada tahap perencanaan awal, bahkan saat data beban struktur belum tersedia secara pasti.

Perhitungan dilakukan untuk berbagai kombinasi diameter tiang (0,3 m hingga 1,0 m) dan jumlah tiang dalam kelompok (2 hingga 6 tiang). Kapasitas tiang dihitung sebagai tiang tunggal, kemudian disesuaikan untuk konfigurasi kelompok, tanpa

mempertimbangkan efek grup atau efisiensi kelompok secara spesifik.

Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik untuk setiap titik penyelidikan. Grafik menunjukkan hubungan antara kedalaman tiang dan kapasitas dukung, dibandingkan dengan kebutuhan beban struktur untuk berbagai jumlah tiang. Dari grafik ini, kedalaman minimum pondasi yang memenuhi ketiga kriteria kapasitas (aksial, tarik, dan lateral) dapat diidentifikasi secara langsung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data geoteknik dalam penelitian ini diperoleh dari uji *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT) yang dilaksanakan di sepanjang trase Overland Conveyor antara STA 8+00 hingga STA 23+70. Uji SPT menghasilkan data nilai N-SPT per interval 2 meter, sementara uji CPT memberikan data *tip resistance* dan *sleeve friction* per 20 cm. Data ini menjadi dasar dalam analisis kapasitas dukung fondasi tiang terhadap kombinasi beban aksial, tarik, dan lateral.

Metode estimasi kapasitas dukung berbasis SPT dan CPT keduanya merupakan pendekatan yang telah divalidasi secara luas dalam praktik rekayasa geoteknik. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun metode SPT berbasis korelasi empiris cenderung menghasilkan penyebaran hasil yang lebih besar, metode ini tetap handal dan banyak digunakan, terutama pada proyek-proyek yang hanya memiliki data terbatas. Dalam studi oleh Karkush dkk. (2022), SPT digunakan untuk menyusun peta tematik kapasitas dukung tiang pancang di wilayah Al-Basrah berdasarkan 135 titik bor dan menghasilkan persamaan estimasi yang cukup akurat, dengan deviasi hasil hanya berkisar antara -3% hingga $+38\%$ terhadap data aktual. Hal ini menunjukkan bahwa data SPT mampu memberikan gambaran yang cukup representatif terhadap variasi kondisi

tanah dan kapasitas dukungnya. Di sisi lain, metode CPT, yang memberikan data kontinu dalam interval kecil, terbukti memberikan prediksi yang lebih konsisten dan efisien secara statistik. Penelitian oleh Golafzani, Chenari, dkk. (2020) dan Golafzani, Eslami, dkk. (2020) menunjukkan bahwa metode CPT memiliki indeks reliabilitas dan faktor resistansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode SPT dan analisis statik, terutama karena pendekatan langsungnya yang lebih sedikit mengandalkan korelasi empiris. Dengan demikian, pemanfaatan kedua jenis data ini tidak hanya valid tetapi juga saling melengkapi dalam memperkuat dasar analisis kapasitas dukung fondasi, baik dari sisi ketersediaan data maupun akurasi estimasi.

Analisis kapasitas dukung difokuskan pada tiang tunggal, mengingat data struktur rinci belum tersedia pada tahap perencanaan ini. Estimasi beban maksimum struktur digunakan sebagai acuan perhitungan, tanpa mempertimbangkan variasi akibat elevasi, panjang bentang bebas, atau faktor struktural lainnya. Pendekatan ini bersifat konservatif, namun memberikan fleksibilitas dalam menghasilkan rekomendasi desain awal yang dapat disesuaikan. Grafik hasil analisis disusun agar dapat dimanfaatkan praktis oleh perencana struktur, khususnya saat data beban aktual belum tersedia. Jika beban aktual lebih rendah, grafik ini tetap relevan dan mendukung efisiensi desain.

Estimasi beban aksial terbesar dari struktur OLC adalah 2000 kN, sementara beban lateral sebesar 280 kN. Karena beban tersebut tidak dapat ditopang oleh satu tiang saja, analisis dilakukan untuk berbagai konfigurasi kelompok tiang mulai dari 2 hingga 6 tiang. Selain pertimbangan kapasitas, pendekatan ini juga memperhitungkan aspek redundansi sistem fondasi, sehingga kestabilan struktur tetap terjaga jika terjadi kerusakan pada salah satu elemen.

Analisis dilakukan untuk diameter tiang yang bervariasi—0,3 m, 0,4 m, 0,5 m, 0,6 m,

0,8 m, dan 1,0 m—baik pada tipe tiang bor maupun tiang pancang. Sebagai ilustrasi, pada titik BLC30, dengan data SPT seperti yang terlihat pada **Error! Reference source not found.**, hasil analisis kapasitas aksial, tarik, dan lateral ditampilkan dalam grafik terpisah untuk masing-masing tipe dan ukuran tiang (lihat Gambar 1 sampai Gambar 5). Setiap garis berwarna dalam grafik menunjukkan jenis dan diameter tiang tunggal, sedangkan garis vertikal dengan simbol (kotak, segitiga, lingkaran, strip) merepresentasikan kebutuhan beban berdasarkan jumlah tiang dalam kelompok.

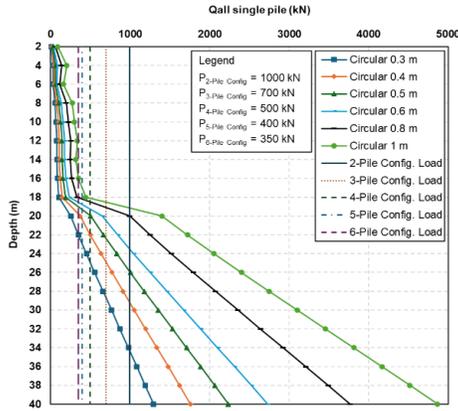
Tabel 2. Data SPT pada Titik Penyelidikan BLC30

| Depth (m) | Class | N-SPT | Depth (m) | Class | N-SPT |
|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| 2 | Clay | 7 | 18 | Clay | 12 |
| 4 | Clay | 13 | 20 | Sand | 50 |
| 6 | Sand | 5 | 22 | Sand | 50 |
| 8 | Sand | 8 | 24 | Sand | 50 |
| 10 | Sand | 6 | 26 | Sand | 50 |
| 12 | Clay | 9 | 28 | Sand | 50 |
| 14 | Clay | 6 | 30 | Sand | 50 |
| 16 | Clay | 7 | MAT | | 1,6 m |

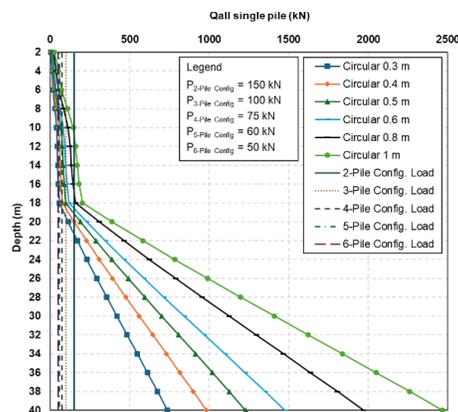
Penyajian visual ini memungkinkan identifikasi cepat terhadap kedalaman minimum desain yang dibutuhkan agar ketiga kapasitas tiang terpenuhi. Misalnya, pada konfigurasi tiga tiang bor Ø0,5 m, kapasitas aksial tercapai pada kedalaman ±21 m, kapasitas tarik pada 18 m, dan lateral pada 19 m. Maka, kedalaman minimum desain ditetapkan 21 m. Untuk konfigurasi dan diameter yang sama dengan metode pancang, kedalaman minimum yang memenuhi seluruh kapasitas adalah 19 m. Namun, perlu diperhatikan keterbatasan praktis pemancangan, terutama saat menembus lapisan tanah keras yang berisiko merusak tiang pancang.

Perlu dicatat bahwa garis beban dalam grafik disusun berdasarkan asumsi beban maksimum dan berlaku seragam untuk seluruh titik analisis. Oleh karena itu, konfigurasi

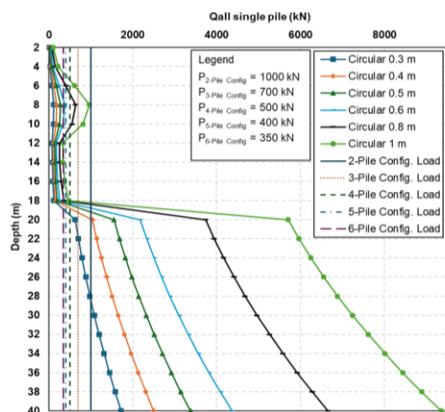
jumlah tiang hanya valid apabila beban aktual struktur sesuai asumsi. Jika beban aktual lebih kecil, grafik tetap dapat digunakan dengan memindahkan garis beban ke kiri; jika lebih besar, pergeseran ke kanan menunjukkan perlunya modifikasi desain.



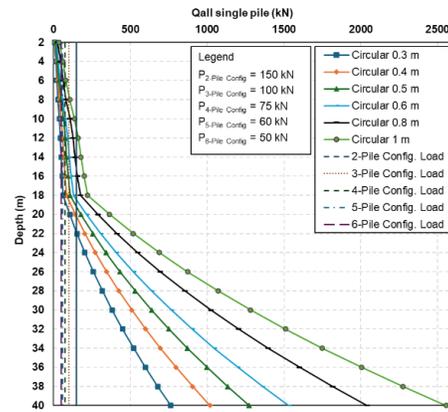
Gambar 1. Kapasitas Izin Tekan Tiang Tunggal Metode Bor



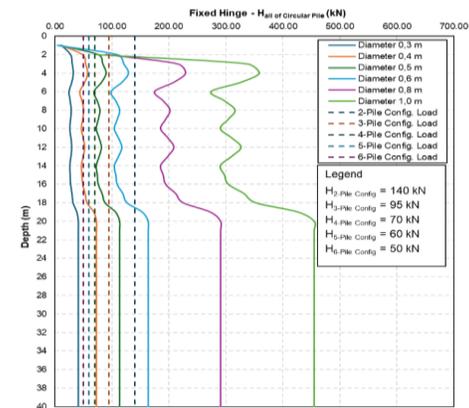
Gambar 2. Kapasitas Izin Tarik Tiang Tunggal Metode Bor



Gambar 3. Kapasitas Izin Tekan Tiang Tunggal Metode Pancang (*Spun Pile*)



Gambar 4. Kapasitas Izin Tarik Tiang Tunggal Metode Pancang (*Spun Pile*)



Gambar 5. Kapasitas Izin Lateral Tiang Tunggal

Setelah memaparkan hasil ilustratif pada titik BLC30, bagian berikut menguraikan analisis menyeluruh terhadap seluruh titik investigasi sepanjang STA 8+00 hingga 23+70. Hasil ditampilkan dalam bentuk grafik yang menggambarkan kedalaman rekomendatif pondasi tiang bor dan tiang pancang, untuk tiap variasi diameter dan jumlah tiang kelompok seperti pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Setiap grafik menyajikan kedalaman minimum yang dibutuhkan agar kapasitas dukung fondasi terpenuhi, untuk diameter $\varnothing 0,3$ m hingga $\varnothing 1,0$ m dan konfigurasi 2 hingga 6 tiang. Sumbu horizontal menunjukkan lokasi investigasi tanah (misal BLC1, SLC27), dan sumbu vertikal menyatakan kedalaman tiang (dalam meter). Simbol visual yang berbeda memudahkan proses identifikasi performa tiap opsi desain.

Secara umum, grafik ini memberikan gambaran komprehensif tentang sensitivitas kapasitas fondasi terhadap variasi parameter geometrik tiang. Misalnya, pada lokasi BLC1, konfigurasi tiang bor $\varnothing 0,5$ m sebanyak tiga batang menunjukkan kebutuhan kedalaman sekitar 21 m agar seluruh beban struktur terpenuhi. Pola serupa dapat diinterpretasikan untuk titik lain, sehingga grafik ini menjadi alat bantu desain yang aplikatif, bahkan saat data beban belum lengkap.

Perbandingan antara sistem pondasi tiang bor dan tiang pancang juga tampak jelas dalam grafik. Pada beberapa titik, tiang pancang menunjukkan kebutuhan kedalaman yang lebih dangkal dibandingkan tiang bor untuk konfigurasi yang sama, menunjukkan potensi efisiensi pada kondisi tanah tertentu. Namun, perlu diingat bahwa pelaksanaan tiang pancang di lapangan memiliki keterbatasan teknis, seperti resistensi terhadap lapisan keras dan risiko kerusakan material akibat pemancangan.

Pada beberapa titik, grafik menunjukkan kedalaman bernilai nol untuk konfigurasi tertentu. Hal ini bukan berarti tiang tidak diperlukan, tetapi menunjukkan bahwa kapasitas belum tercapai meskipun kedalaman diasumsikan hingga 50 m. Opsi tersebut sebaiknya dieliminasi dari desain kecuali dilakukan perkuatan tanah atau penyesuaian beban struktur.

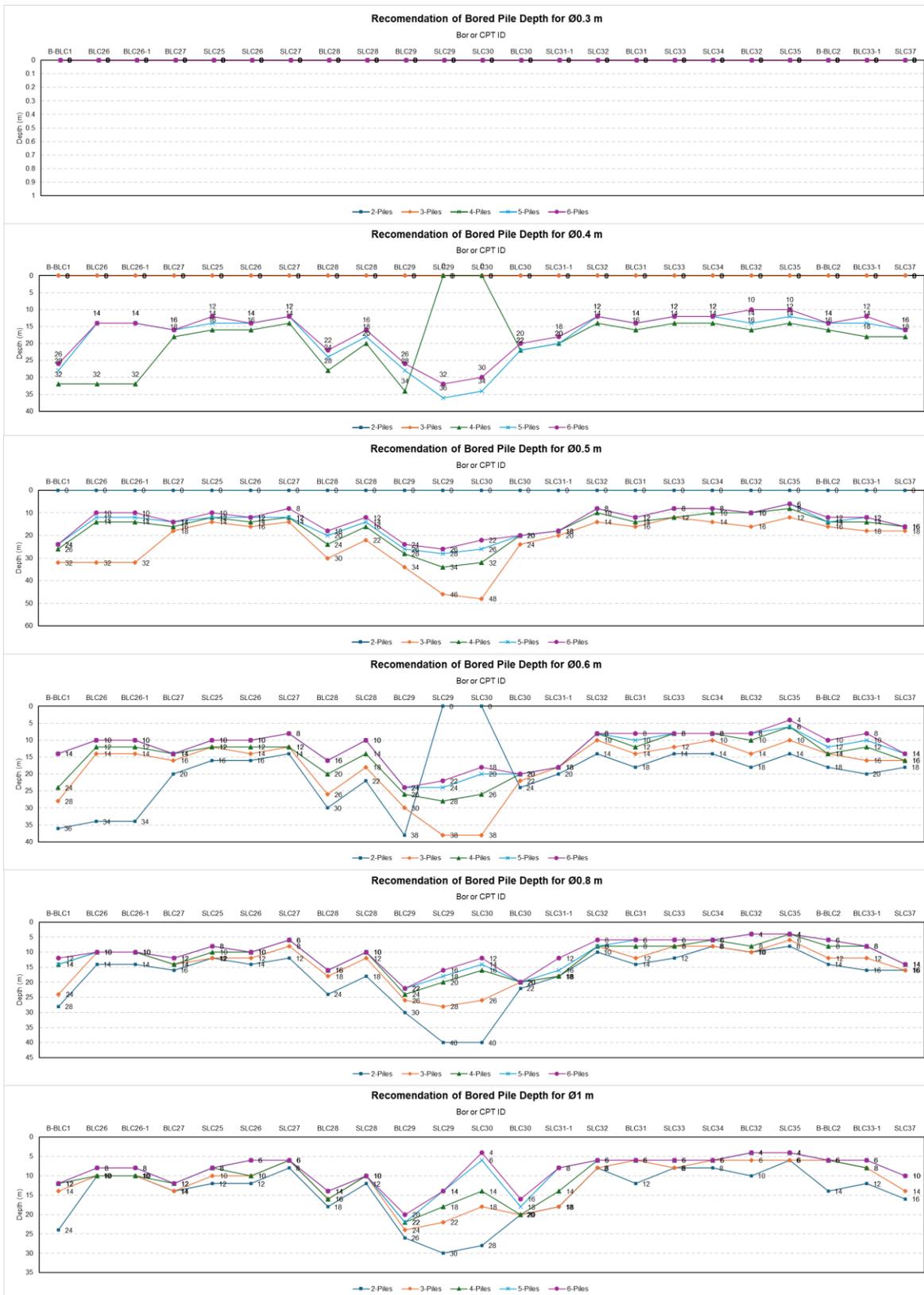
Dengan demikian, grafik ini dapat digunakan tidak hanya untuk memverifikasi kecukupan kapasitas fondasi terhadap beban maksimum, tetapi juga sebagai acuan eksplorasi alternatif desain. Jika beban aktual lebih kecil, opsi desain yang lebih efisien dapat dipilih baik dari segi diameter, kedalaman, maupun jumlah tiang. Fleksibilitas ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif terhadap kondisi teknis dan ekonomis di lapangan.

4. KESIMPULAN

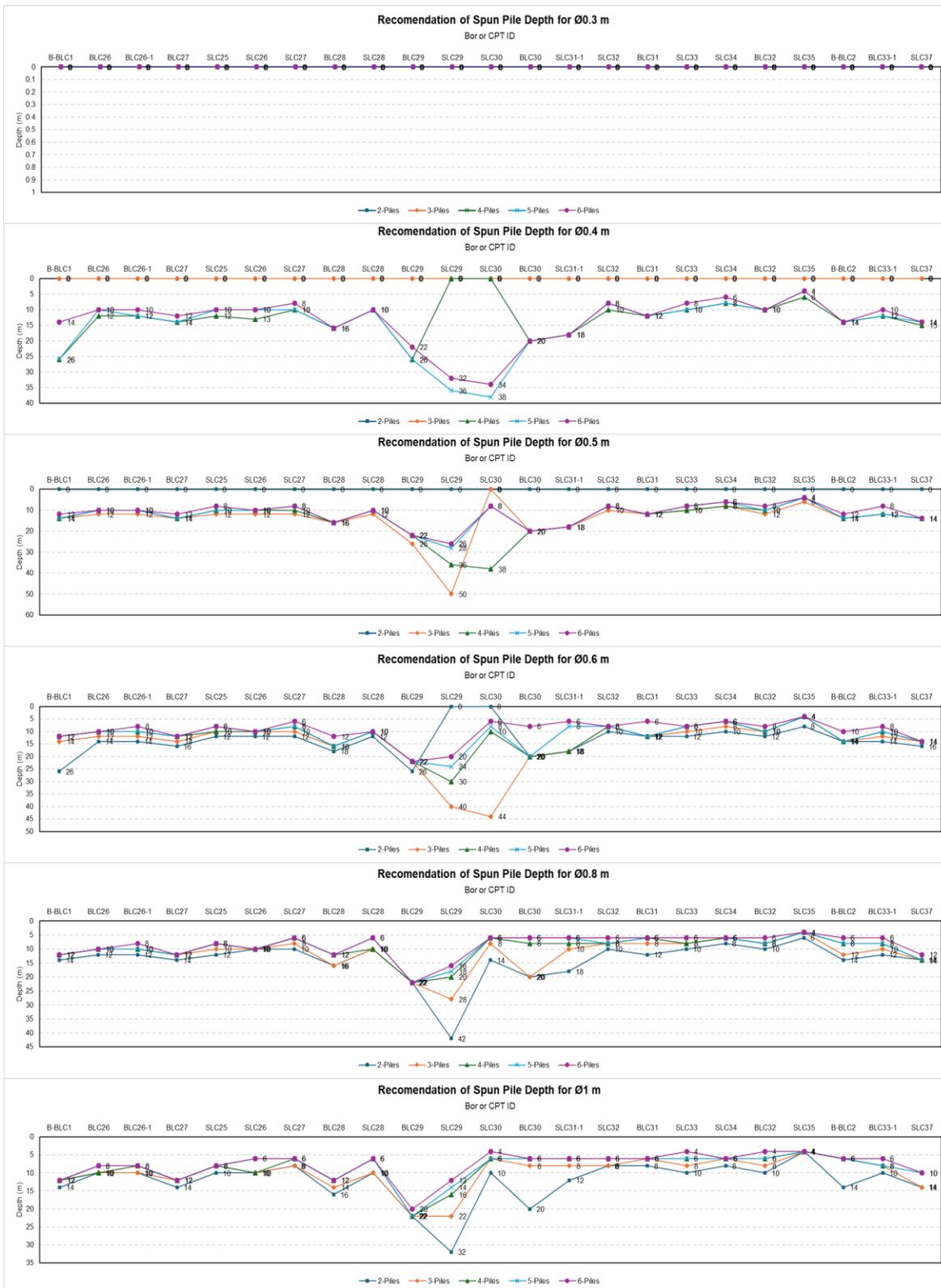
Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan analitis berbasis data geoteknik aktual dapat digunakan secara efektif untuk mengevaluasi kapasitas dukung fondasi tiang pada struktur Overland Conveyor, bahkan ketika informasi beban struktur belum tersedia secara rinci. Penyusunan grafik desain yang mempertimbangkan variasi diameter, kedalaman, dan jumlah tiang terbukti mampu menyederhanakan eksplorasi desain pada tahap awal perencanaan.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konfigurasi tiang bor maupun tiang pancang dapat memenuhi kebutuhan beban aksial, tarik, dan lateral sepanjang jalur OLC, dengan efisiensi berbeda tergantung pada karakteristik tanah lokal. Perbandingan performa antara keduanya memberi wawasan tambahan untuk pengambilan keputusan dalam pemilihan tipe fondasi.

Grafik hasil studi ini dapat dimanfaatkan sebagai alat navigasi teknis yang andal, fleksibel, dan adaptif—memberikan keleluasaan bagi perencana untuk memilih solusi fondasi yang sesuai dengan kombinasi kondisi tanah, kapasitas tiang, serta efisiensi pelaksanaan. Pendekatan ini juga memperkuat pentingnya integrasi data lapangan dalam proses pengambilan keputusan teknis yang berkelanjutan, khususnya pada proyek infrastruktur berskala besar dengan kondisi geoteknik kompleks.



Gambar 6. Grafik Kedalaman Minimum Pondasi Tiang Bor yang Memenuhi Kriteria Kapasitas Dukung Aksial, Tarik, dan Lateral Berdasarkan Diameter Tiang (0,3–1,0 m) dan Jumlah Tiang (2–6 buah) pada 23 Titik Lokasi Uji CPT



Gambar 7. Grafik Kedalaman Minimum Pondasi Tiang Pancang (*Spun Pile*) yang Memenuhi Kriteria Kapasitas Dukung Aksial, Tarik, dan Lateral Berdasarkan Diameter Tiang (0,3–1,0 m) dan Jumlah Tiang (2–6 buah) pada 23 Titik Lokasi Uji CPT

REFERENSI

- Alspaugh, M. A. (2006). *Expanding overland conveyor possibilities by distributing power*. *Cement Industry Technical Conference*, 195–204. <https://doi.org/10.1109/CITCON.2006.1635718>
- Banallec, M., & Guegan, A. (1997). *Lateral transfer of load from conveyor to secondary conveyor*.
- Golafzani, S. H., Chenari, J. R., & Eslami, A. (2020). *Reliability based assessment of axial pile bearing capacity: static analysis, SPT and CPT-based methods*. *Georisk*, 14(3), 216–230. <https://doi.org/10.1080/17499518.2019.1628281>
- Golafzani, S. H., Eslami, A., & Chenari, R. J. (2020). *Probabilistic Assessment of Model Uncertainty for Prediction of Pile Foundation Bearing Capacity; Static Analysis, SPT and CPT-Based Methods*. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(5), 5023–5041. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01346-x>
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press.
- Karkush, M. O., Sabaa, M. R., Salman, A. D., & Al-Rumaithi, A. (2022). *Prediction of bearing capacity of driven piles for Basrah governatore using SPT and MATLAB*. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 31(1), 39–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/jmbm-2022-0005>
- Mainzer, H. D., & Meinhard, W. (2004). *Vertical conveyor with horizontal conveyors has deflection star wheels which by respective axes are inclined downwards by 20 degrees in relation to axis of driving star wheels to create material discharge angle of 110 degrees*.
- Neubecker, I. *An overland pipe conveyor with 22 horizontal and 45 vertical curves connecting coal mine with rail load out*. Germany.
- Rudianto, S., & Hartanto, T. (2019). *Strategi Transportasi Batubara-Membandingkan Overland Conveying dengan Truk Pengangkut Batubara*. PROSIDING TPT XXVIII PERHAPI 2019.