E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258

Halaman 7328-7337
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Pengaruh Perubahan Panjang *Bored Pile* terhadap Nilai Keamanan Dinding Penahan Tanah pada Lereng di Ruas Jalan Benua Martinus – Tanjung Kerja

Lia Fitria[1], Eka Priadi[2], Rustamaji[3]

[1,2,3]Universitas Tanjungpura

Email author: iniliafitria@gmail.com, ekapriadi@civil.untan.ac.id, rustamaji@civil.untan.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan untuk meningkatkan stabilitas lereng pada ruas Jalan Benua Martinus (Mataso) – Tanjung Kerja, Kalimantan Barat, yang rawan terhadap longsor. Tujuan utama penelitian ini adalah menghitung nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*, SF) lereng dalam kondisi eksisting, mengevaluasi perubahan nilai SF setelah penerapan *bored pile*, serta menganalisis pengaruh variasi panjang *bored pile* terhadap stabilitas lereng untuk menentukan nilai faktor keamanan yang optimal. Metode penelitian menggunakan analisis data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Barat. Data meliputi informasi topografi serta sifat fisik dan mekanis tanah di lokasi penelitian. Analisis dilakukan menggunakan metode irisan Fellenius dan program Plaxis 2D untuk simulasi stabilitas lereng. Penelitian ini membatasi pembahasan pada penggunaan *bored pile* berdiameter 600 mm dengan tiga variasi panjang, yaitu 6 m, 8 m, dan 10 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *bored pile* meningkatkan nilai Faktor Keamanan lereng. Variasi panjang *bored pile* memberikan pengaruh yang berbeda terhadap stabilitas lereng. *Bored pile* panjang 10 m memberikan nilai Faktor Keamanan tertinggi, yaitu 3,20, serta *displacement* terkecil, yaitu 0,4058 m, pada lokasi studi. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk perencanaan perkuatan tanah lereng di lokasi penelitian.

Kata kunci: Plaxis, stabilitas lereng, *bored pile*, dinding penahan tanah, perkuatan tanah.

Abstract

This research is motivated by the need to enhance the stability of slopes on the Benua Martinus (Mataso) – Tanjung Kerja road section in West Kalimantan, which is prone to landslides. The primary objective of this study is to calculate the Safety Factor (SF) of the slope in its existing condition, evaluate the changes in the SF after the application of bored piles, and analyze the

impact of varying bored pile lengths on slope stability to determine the optimal safety factor. The research methodology involves the analysis of secondary data obtained from the Public Works and Spatial Planning Office of West Kalimantan Province. The data include topographical information and the physical and mechanical properties of the soil at the study site. The analysis was conducted using the Fellenius slice method and the Plaxis 2D program for slope stability simulation. The study was limited to bored piles with a diameter of 600 mm in three different lengths. The results indicate that the application of bored piles increases the Safety Factor of the slope. The variation in bored pile lengths has different effects on slope stability. The 10 m bored pile length provides the highest Safety Factor, namely 3.20, and the smallest displacement, namely 0.4058 m, at the study site. This research provides recommendations for the planning of slope soil reinforcement at the study site.

Keywords: *Plaxis, slope stability, bored pile, retaining wall, soil reinforcement.*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian dari lingkungan alam yang mendukung dasar sistem infrastruktur. Perbedaan elevasi muka tanah menyebabkan topografi setiap wilayah berbeda, dan jika terdapat sudut kemiringan yang cukup besar, diperlukan perhatian khusus terhadap batas minimum nilai keamanan lereng (Arianto, 2020). Lereng yang tidak stabil umumnya memiliki nilai keamanan rendah dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sudut kemiringan, sifat fisis dan mekanis tanah, muka air tanah, curah hujan, serta beban lalu lintas (Suprayogi, 2021). Ketidakstabilan lereng dapat menyebabkan longsor yang berdampak pada kerusakan infrastruktur hingga korban jiwa. Bencana longsor kerap terjadi di Kalimantan Barat, khususnya pada daerah dengan topografi bergunung.

Analisis stabilitas lereng dilakukan pada ruas Jalan Benua Martinus (Mataso) – Tanjung Kerja, Kabupaten Kapuas Hulu. Longsor telah terjadi di beberapa segmen dan penanggulangan pada tahun 2022 tidak sepenuhnya menyelesaikan masalah karena longsor susulan kembali terjadi pada tahun 2023. Oleh karena itu, diperlukan sistem perkuatan tanah yang tepat untuk menjaga stabilitas. Kajian Sitorus dan Wulandari (2022) menunjukkan bahwa perubahan tinggi muka air tanah dan kemiringan lereng memengaruhi stabilitas lereng. Lebih lanjut, penerapan stabilisasi tanah dan sistem

perkuatan pada timbunan di atas tanah lunak dapat meningkatkan faktor keamanan (Aslam & Gofar, 2022). Penggunaan barisan tiang bor juga terbukti efektif sebagai konstruksi penahan tanah pada lokasi yang sempit dan padat (Hidayati et al., 2020). Merujuk pada latar belakang tersebut, penulis mengkaji sistem perkuatan tanah pada lereng menggunakan dinding penahan tanah kantilever dan *bored pile*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi panjang *bored pile* 6 m, 8 m, dan 10 m terhadap nilai Faktor Keamanan lereng di lokasi tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menganalisis data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Barat. Lokasi penelitian berada pada lereng STA 53+290 di ruas Jalan Benua Martinus (Mataso) – Tanjung Kerja. Data yang digunakan meliputi sifat fisis dan mekanis tanah dari pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) (Sarker & Abedin, 2015), data *deep boring*, topografi permukaan tanah, serta data muka air tanah. Kriteria keruntuhan tanah mengacu pada teori Mohr-Coulomb (Nurdian, 2015). Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan dua metode, yaitu metode manual menggunakan irisan Fellenius (Das, 1993) dan metode numerik menggunakan program Plaxis 2D. Metode Fellenius mengasumsikan bidang runtuh berbentuk busur lingkaran dan massa tanah di atasnya dibagi menjadi sejumlah irisan vertikal (pias). Analisis ini digunakan untuk menghitung momen penahan dan momen pendorong guna memperoleh nilai Faktor Keamanan. Kapasitas daya dukung *bored pile* dihitung berdasarkan data N-SPT dengan persamaan empiris Meyerhof (Bowles, 1993; Hardiyatmo, 2010). Pemodelan numerik Plaxis 2D digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dan deformasi lereng menggunakan fitur *phi/c reduction* (Hamdhan & Eliza, 2023; Silmi & Hamdan, 2018). Penelitian ini membatasi variabel pada penggunaan *bored pile* berdiameter 600 mm dengan tiga variasi panjang, yaitu 6 m, 8 m, dan 10 m. Kriteria keamanan yang digunakan adalah SF > 1,5 untuk stabilitas keseluruhan, SF > 2,0 untuk stabilitas guling, SF > 1,5 untuk geser, dan SF > 3,0 untuk daya dukung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah dan Geometri Lereng

Berdasarkan data *borlog*, lokasi penelitian pada STA 53+290 memiliki tiga lapisan tanah utama. Lapisan pertama (kedalaman 0–9 m) didominasi lempung lanauan dengan konsistensi *very soft to stiff* (N-SPT = 10; c = 22,40 kN/m^2; φ = 21,00°). Lapisan kedua (kedalaman 9–16 m) memiliki konsistensi *stiff to very hard* (c = 18,50 kN/m^2; φ = 17,82°). Lapisan ketiga (kedalaman >16 m) merupakan lapisan padat (*dense*) dengan kohesi 40,35 kN/m^2 dan sudut geser 28,94°. Muka air tanah diperoleh pada kedalaman 10 hingga 11 m, namun dalam analisis ini diasumsikan tidak terdapat muka air tanah karena letaknya di bawah fondasi *bored pile*. Beban lalu lintas yang diaplikasikan di atas lereng adalah 15 kPa untuk jalan kelas I dan 10 kPa untuk beban di luar jalan.

Analisis Stabilitas Lereng Eksisting dan dengan Dinding Penahan Tanah

Analisis kondisi eksisting (lereng dengan tambahan timbunan) menggunakan metode Fellenius menghasilkan momen pendorong sebesar 317,429 kN·m/m dan momen penahan 606,781 kN·m/m, sehingga diperoleh SF sebesar 1,912 (aman). Setelah diberikan perkuatan dinding penahan tanah kantilever, nilai SF menjadi 1,770 (aman). Pada pemodelan Plaxis 2D, lereng dengan timbunan memiliki SF sebesar 2,536 dan meningkat menjadi 2,719 setelah penambahan dinding penahan tanah. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kehadiran dinding penahan tanah memberikan kontribusi positif terhadap stabilitas lereng.

Pengaruh Variasi Panjang *Bored Pile* terhadap Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas internal dinding penahan tanah dengan penambahan *bored pile* dilakukan untuk mengevaluasi daya dukung fondasi, mengingat dasar dinding penahan tanah berada pada lapisan tanah dengan konsistensi *medium stiff* yang belum mencapai tanah keras. Hasil perhitungan manual metode Fellenius menunjukkan bahwa nilai SF terhadap guling dan geser bernilai konstan, yaitu 2,38 dan 5,47, untuk semua variasi karena dimensi dinding penahan tanah yang sama. Namun, nilai SF terhadap daya dukung (*bearing capacity*) meningkat seiring bertambahnya panjang *bored pile*.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*) Metode Manual

Safety Factor	DPT dengan *Bored Pile* 6 m	DPT dengan *Bored Pile* 8 m	DPT dengan *Bored Pile* 10 m
SF *Overall Stability* (SF > 1,5)	1,77	1,77	1,77
SF *Overturning* (SF > 2)	2,38	2,38	2,38
SF *Sliding* (SF > 1,5)	5,47	5,47	5,47
SF *Bearing Capacity* (SF > 3)	5,79	7,75	9,35

(Sumber: Data sekunder diolah, 2024)

Hasil pemodelan numerik Plaxis 2D menunjukkan tren yang konsisten. Pada *bored pile* 6 m, SF yang diperoleh adalah 2,690 dengan total *displacement* 0,409 m. Pada *bored pile* 8 m, SF meningkat menjadi 2,780 dengan *displacement* 0,515 m. Peningkatan paling signifikan terjadi pada *bored pile* 10 m, dengan SF mencapai 3,200 dan *displacement* terkecil, yaitu 0,4058 m. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang *bored pile* yang tertanam hingga mencapai lapisan tanah yang lebih keras, semakin besar kapasitas daya dukungnya sehingga stabilitas lereng meningkat.

Tabel 2. Hasil Analisis Nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*) dengan Plaxis 2D

Variasi *Bored Pile*	*Safety Factor* (SF > 1,5)	Total *Displacement* (m)	Keterangan
Lereng dengan Timbunan	2,536	1,683	AMAN
Lereng dengan DPT	2,719	1,597	AMAN

Variasi *Bored Pile*	*Safety Factor* (SF > 1,5)	Total *Displacement* (m)	Keterangan
Lereng dengan DPT dan *Bored Pile* 6 m	2,690	0,409	AMAN
Lereng dengan DPT dan *Bored Pile* 8 m	2,780	0,515	AMAN
Lereng dengan DPT dan *Bored Pile* 10 m	3,200	0,4058	AMAN

(Sumber: Data sekunder diolah, 2024)

Pembahasan

Peningkatan nilai Faktor Keamanan dan perubahan total *displacement* seiring bertambahnya panjang *bored pile* mengindikasikan bahwa interaksi antara tanah dan struktur perkuatan bekerja secara efektif. Namun, nilai total *displacement* tidak menurun secara monoton terhadap panjang *bored pile*. Pada *bored pile* 6 m diperoleh *displacement* 0,409 m, meningkat menjadi 0,515 m pada *bored pile* 8 m, dan kembali menurun menjadi 0,4058 m pada *bored pile* 10 m. Meskipun demikian, *bored pile* 10 m memberikan SF tertinggi, yaitu 3,20, dengan *displacement* terkecil. Hal ini menunjukkan bahwa *bored pile* 10 m paling efektif mencapai lapisan tanah yang lebih keras dan memberikan kestabilan lereng tertinggi pada lokasi studi.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Hartono (2020) yang menunjukkan peningkatan faktor keamanan lereng ketika elemen perkuatan direncanakan untuk menahan pergerakan massa tanah melewati zona bidang gelincir. Raharja (2023) juga menyoroti bahwa variasi panjang tiang dapat memengaruhi interaksi tanah dan struktur, meskipun pengaruhnya perlu dikaji bersama konfigurasi tiang. Sebagai pembanding kritis, Damarhadi et al. (2015) menunjukkan bahwa keberadaan kelompok tiang pada kasus tertentu mungkin hanya memberikan perubahan faktor keamanan yang kecil. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu dibaca sebagai respons model spesifik di lokasi studi,

di mana perpanjangan *bored pile* hingga 10 m terbukti paling efektif dalam memanfaatkan lapisan tanah yang lebih keras di bawahnya.

Perbandingan antara metode manual Fellenius dan numerik Plaxis 2D juga memberikan wawasan tambahan. Metode Fellenius berguna untuk analisis cepat dengan perhitungan momen (Ridwan et al., 2019), namun membutuhkan ketelitian tinggi dalam penentuan irisan. Plaxis 2D tidak hanya memberikan nilai SF, tetapi juga mampu memodelkan deformasi tanah (total *displacement*) dan pengaruh perkuatan secara lebih komprehensif (Mina et al., 2022; Soeratinoyo et al., 2022). Kedua metode saling melengkapi dan memberikan keyakinan bahwa desain perkuatan dengan dinding penahan tanah dan *bored pile* 10 m berada dalam kondisi aman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan analisis manual metode Fellenius, lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever memperoleh nilai *Safety Factor* (SF) sebesar 1,77 (> 1,5), sehingga dinyatakan stabil. Sebagai pembanding, lereng eksisting dengan timbunan tanpa dinding penahan tanah memperoleh SF sebesar 1,912.
2. Nilai faktor keamanan terhadap daya dukung fondasi (*bearing capacity*) meningkat seiring bertambahnya panjang *bored pile*. Pada *bored pile* 6 m diperoleh SF 5,79; pada 8 m sebesar 7,75; dan pada 10 m sebesar 9,35, yang seluruhnya dinyatakan aman (SF > 3,0).
3. Analisis menggunakan program Plaxis 2D menunjukkan bahwa penerapan *bored pile* berdiameter 600 mm dengan variasi panjang 6 m, 8 m, dan 10 m memberikan nilai *Safety Factor* (SF) berturut-turut sebesar 2,690; 2,780; dan 3,200. Seluruh variasi tersebut memenuhi kriteria aman (SF > 1,5).
4. Nilai total *displacement* terkecil diperoleh pada *bored pile* 10 m, yaitu 0,4058 m. Hubungan *displacement* terhadap panjang *bored pile* tidak monoton, karena *bored pile* 8 m menghasilkan *displacement* 0,515 m, lebih besar

daripada *bored pile* 6 m sebesar 0,409 m. Meskipun demikian, *bored pile* 10 m tetap memberikan SF tertinggi dan *displacement* terkecil, sehingga menunjukkan tingkat stabilitas tertinggi.

5. Panjang *bored pile* yang optimal untuk mencapai kestabilan lereng yang aman pada lokasi penelitian adalah 10 m, karena memberikan nilai faktor keamanan terbesar dan perpindahan tanah terkecil, serta mampu mencapai lapisan tanah yang lebih keras untuk meningkatkan daya dukung.

DAFTAR PUSTAKA

Arianto, B. (2020). Studi Potensi Resiko Tanah Lunak dalam Pembangunan Ibu Kota Negara dengan Ajuan Penanganan Menggunakan Metode Prefabricated Vertical Drain Berbahan Alami. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 19(2), 171–180.

Aslam, Z., & Gofar, N. (2022). The Effect of Soil Stabilization and Reinforcement on the Stability of Embankment on Soft Soil. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 356–367. https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4613

Bowles, J. E. (1993). *Analisis dan Desain Pondasi* (Edisi Keempat). Erlangga.

Damarhadi, P., Purwana, Y. M., & Dananjaya, R. H. (2015). Analisis Kegagalan Pondasi Tiang Kelompok Pada Konstruksi Pilar Jembatan. *Matriks Teknik Sipil*, 3(4), 1121–1128. https://doi.org/10.20961/mateksi.v3i4.37244

Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah 2*. Erlangga.

Hamdhan, I. N., & Eliza, E. (2023). Pemodelan 3D pada Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Bronjong dengan Plaxis 3D Berbasis Elemen Hingga. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 29(1), 93–102. https://doi.org/10.14710/mkts.v29i1.44893

Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah I* (Edisi Kelima). Gadjah Mada University Press.

Hartono, J. (2020). Kajian Teknis Penanganan Longsoran Sta. 2+850–3+050 pada Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda Menggunakan Bored Pile Metode Plaxis. *BENTANG: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 8(2), 59–70. https://doi.org/10.33558/bentang.v8i2.2120

Hidayati, A. M., Hakam, A., & Elizar. (2020). Analisis Pemanfaatan Barisan Tiang Bor Sebagai Konstruksi Penahan Tanah Pada Lokasi yang Sempit dan Padat. *Jurnal Saintis*, 20(2), 69–76. https://doi.org/10.25299/saintis.2020.vol20(02).5527

Mina, E., Fathonah, W., Kusuma, R. I., & Ramadhani, A. F. (2022). Analisis Stabilitas Lereng dengan Alternatif Perkuatan Menggunakan Software Plaxis 2D dan Slope/W (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kampus Baru UNTIRTA Sindangsari). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 161–171. https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.17101

Nurdian, S. (2015). Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaksial Dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir. Skripsi, Universitas Lampung.

Pratama, R., Puri, A., & Dewi, S. H. (2018). Tinjauan Kapasitas Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Formula Statis Dan Elemen Hingga 2D Pada Gedung E Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. *Jurnal Saintis*, 18(2), 65–76. https://doi.org/10.25299/saintis.2018.vol18(2).3189

Raharja, D. S. (2023). Sensitivity Analysis of Pile Foundations under Bridge Abutments on High Slope Areas (Case Study in Besakih, Bali). *Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 11(2), 69–78. https://doi.org/10.30742/axial.v11i3.3257

Ridwan, A., Muhardi, & Yusa, M. (2019). Identifikasi Stabilitas Lereng Tanah Longsor Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik*, 13(2), 94–103. https://doi.org/10.31849/teknik.v13i2.3598

Sarker, D., & Abedin, M. Z. (2015). Applicability of Standard Penetration Test in Bangladesh and Graphical Representation of SPT-N Value. *International Journal of Science and Engineering Investigations (IJSEI)*, 4(41), 55–59.

Silmi, F. A., & Hamdan, I. N. (2018). Pengaruh Tension Crack (Tegangan Retak) pada Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 4(1).

Sitorus, P. H., & Wulandari, S. (2022). Pengaruh Perilaku Tinggi Muka Air Tanah dengan Variasi Kemiringan Lereng Terhadap Stabilitas Lereng Berbasis Pemodelan Numerik. *Jurnal Teknik*

Sipil, 29(2), 145–152. https://doi.org/10.5614/jts.2022.29.2.5

Soeratinoyo, A. H., Manoppo, F. J., & Mandagi, A. T. (2022). Pemodelan Pondasi Box Di Tanah Berpotensi Likuifaksi. *E-Journal UNSRAT*, 20(81).

Suprayogi, A. (2021). Analisis Numerik Perbandingan Perilaku Timbunan di Atas Tanah Lunak Tanpa Perkuatan dan Perkuatan Sistem Pelat Terpaku. Skripsi, Universitas Islam Riau. http://repository.uir.ac.id/id/eprint/15150