



Penanganan Tanah Longsor Pada Ruas Jalan Padang – Painan (STA. 50+950 - 51+035) Di Kabupaten Pesisir Selatan dengan Dinding Penahan Tanah dan Fondasi Tiang Bor

¹ Sonya Osta Laurency, ^{2*} Andriani, ³ Abdul Hakam, ⁴ Bambang Istijono

¹ Magister Teknik Sipil, fakultas teknik, Universitas Andalas

^{2,3} Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

*Corresponding author: andriani@eng.unand.ac.id

Abstract

High rainfall on steep slopes along the Padang – Painan city boundary road (Sta 50+950 – Sta 51+035) Pesisir Selatan Regency resulted in landslides and damage to retaining walls. This study aims to analyze slope stability, and retaining wall stability without and using bored pile foundations. The retaining wall used in this study is the Cantilever type. Slope stability analysis using the slices method was carried out by trial and error three times, the results showed a safety factor value ($FS < 1.25$) which means the slope is unstable. The results of the slope improvement analysis using cantilever retaining wall without bored pile foundations showed that the structure was safe against overturning ($FS = 3.9$) and shear safety ($FS = 2.3$), but not safe against soil bearing capacity ($FS = 1.5 < 3$). The addition of a single bored pile foundation to the retaining wall increased the bearing capacity to 3,443.43 kN but was unable to withstand the design load of 41,766.45 kN. Therefore, a pile group foundation with a maximum load capacity of 482,080.27 kN, and a permissible bearing capacity of 192,832 kN is used so that it can withstand the structural load. The estimated cost of geotechnical and structural work is Rp10,361,534,397.05 with an implementation time of 10 weeks. The results of this study provide technical recommendations for comprehensive slope and DPT repairs for similar conditions in the future.

Keywords: landslides, slope stability, retaining walls, drilled pile foundations, costs and time.

Abstrak

Curah hujan yang tinggi pada lereng curam di sepanjang jalan batas kota Padang - Painan (Sta 50+950 – Sta 51+035) Kabupaten Pesisir Selatan mengakibatkan terjadinya longsor dan kerusakan pada dinding penahan tanah (DPT). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng, stabilitas dinding penahan tanah tanpa dan dengan menggunakan fondasi tiang bor. Dinding penahan tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis DPT Kantilever. Analisis stabilitas lereng menggunakan metode potongan dilakukan secara coba-coba sebanyak tiga kali, hasilnya menunjukkan nilai faktor keamanan ($FS < 1,25$) yang berarti lereng tidak stabil. Hasil analisis perbaikan lereng dengan menggunakan DPT tanpa fondasi tiang bor menunjukkan bahwa struktur aman terhadap guling ($FS = 3,9$) dan geser ($FS = 2,3$), namun tidak aman terhadap daya dukung tanah ($FS = 1,5 < 3$). Penambahan fondasi tiang bor tunggal pada DPT meningkatkan daya dukung hingga 3.443,43 kN, namun tidak mampu menahan beban rencana sebesar 41.766,45 kN. Oleh karena itu, digunakan fondasi kelompok tiang dengan kapasitas beban maksimum 482.080,27 kN dan daya dukung izin 192.832 kN sehingga mampu menahan beban struktur. Estimasi biaya pekerjaan geoteknik dan struktur sebesar Rp 10.361.534.397,05 dengan waktu pelaksanaan 10 minggu. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi teknis perbaikan lereng dan DPT secara menyeluruh untuk kondisi serupa di masa mendatang.

Kata kunci: tanah longsor, stabilitas lereng, dinding penahan tanah, fondasi tiang bor, biaya dan waktu.

1. Pendahuluan

Tanah merupakan salah satu material yang sangat penting dalam pelaksanaan konstruksi karena karakteristik tanah di suatu daerah

dapat berbeda secara signifikan dengan daerah lainnya. Perbedaan ini dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan seperti kestabilan

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025

struktur, daya dukung tanah, dan potensi terjadinya permasalahan geoteknik lainnya [1]. Kondisi curah hujan yang ekstrim dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan akibat terkikisnya tanah di bahu jalan. Fenomena ini berpotensi menyebabkan terjadinya longsor yang dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan sekitar. Hujan dengan intensitas tinggi dapat melemahkan ikatan struktur tanah dan menyebabkan lereng menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, penting untuk memahami dampak dari hujan ekstrim terhadap kestabilan lereng guna mengurangi risiko bencana yang dapat terjadi [2]. Intensitas curah hujan yang sangat tinggi dengan waktu yang berkepanjangan dapat meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah sehingga menyebabkan air tersekap di dalam lapisan tanah. Kondisi ini membuat lapisan tanah menjadi jenuh sehingga lebih rentan terhadap keruntuhan. Selain itu, akumulasi air dapat melemahkan tahanan geser tanah, sehingga meningkatkan potensi terjadinya tanah longsor karena berkurangnya tegangan efektif tanah [3]. Hilangnya kekuatan tanah disebabkan oleh beberapa factor diantaranya curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi lereng yang curam. Hujan yang terus menerus menyebabkan tanah menjadi jenuh air, sementara lereng yang curam meningkatkan potensi terjadinya tanah longsor [4]. Beberapa faktor dapat menyebabkan lereng runtuh seperti curah hujan yang tinggi sebagai salah satu faktor pemicu longsor. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan alternatif yang efektif mengingat tantangan geoteknik dan kondisi lapangan yang bervariasi di setiap lokasi [5]. Tanah longsor yang dipicu oleh curah hujan ekstrim dapat menimbulkan bahaya serius bagi kehidupan

dan harta benda di berbagai belahan dunia [6]. Pada umumnya longsor yang terjadi di sepanjang jalan nasional disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan lereng yang curam [7]. Kerusakan lereng akibat curah hujan yang tinggi merupakan masalah yang sering terjadi. Pemilihan solusi yang tepat untuk menangani masalah ini bukanlah hal yang mudah karena sifat tanah yang berubah - ubah, lereng yang curam, dan curah hujan tinggi yang sulit diprediksi. Selain itu, kondisi medan yang sulit diakses turut memperumit proses pemantauan dan penanganan. Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami bencana hidrometeorologi termasuk pergerakan tanah yang dipicu oleh perubahan kondisi cuaca. Peristiwa ini dikenal sebagai bencana gerakan tanah [8]. Sebagian besar wilayah di Indonesia terdiri dari daerah pegunungan dan perbukitan yang memiliki kemiringan curam. Kondisi ini membuat tanah lebih rentan terhadap bencana alam terutama tanah longsor [9]. Tanah longsor yang dipicu oleh curah hujan tinggi dapat membahayakan konstruksi jalan, sehingga diperlukan metode penanganan seperti penggalian tanah yang tepat, pembangunan sistem drainase dan perlindungan lereng yang sesuai dengan standar teknis [7]. Peningkatan pergerakan kendaraan di jalan raya khususnya jalan nasional yang berdampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Arus kendaraan yang lancar menunjukkan bahwa infrastruktur jalan memberikan layanan yang berkualitas [10]. Kasus longsor yang terjadi pada jalan kabupaten di Pesisir Selatan tepatnya pada Km. 50+950 – 51+035 yang menghambat kelancaran aktivitas transportasi antar provinsi dan antar kabupaten di Sumatera Barat. Gangguan ini berdampak pada terganggunya

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025

aktivitas ekonomi, sosial, serta distribusi barang dan jasa. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang efektif agar kondisi jalan dapat kembali normal dan mendukung kelancaran aktivitas masyarakat [11].

Dalam Kerangka Acuan Kerja (KAK) Provinsi Sumatera Barat Wilayah II Tahun 2023 menyebutkan bahwa curah hujan yang tinggi melebihi batas normal terjadi pada hari Kamis, 17 Agustus 2023 dari siang hingga sore hari di Kabupaten Pesisir Selatan, tepatnya di sekitar Koto XI Tarusan (Duku). Hujan tersebut menyebabkan bencana tanah longsor pada lereng jalan dan runtuhnya dinding penahan tanah di bahu Jalan Nasional Km. 50+950 – 51+035. Runtuhnya bahu jalan di Kabupaten Pesisir Selatan terjadi akibat kondisi topografi lereng yang curam. Keadaan ini diperburuk oleh tingginya intensitas curah hujan sehingga menyebabkan keruntuhan dinding penahan tanah di sepanjang jalan tersebut. Teori stabilitas lereng menyatakan beberapa faktor penting yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu faktor eksternal dan internal. Faktor eksternal, seperti tegangan geser dan gempa bumi dapat memicu pergerakan tanah sementara faktor internal, seperti pelapukan dan perubahan volume tanah yang juga berkontribusi terhadap kestabilan lereng [12]. Penyebab terjadinya tanah longsor meliputi kondisi iklim seperti curah hujan yang tinggi, kemiringan lereng yang curam, dan penggunaan lahan yang tidak tepat. Selain itu, jenis tanah dan aktivitas manusia juga berperan penting dalam mempengaruhi terjadinya bencana tanah longsor [8].

Untuk mengatasi permasalahan geoteknik, perlu dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanis tanah sehingga dapat dipilih solusi

yang tepat untuk menangani masalah daya dukung dan stabilitas tanah. Salah satu solusi yang digunakan untuk mengatasi keruntuhan lereng adalah menggunakan dinding penahan tanah. Jenis dinding penahan tanah kantilever tidak hanya mengandalkan berat sendiri seperti dinding gravitasi, tetapi juga memanfaatkan kekakuan struktur dari beton bertulang. Dinding ini tipis namun diberi penulangan yang kuat pada bagian-bagian tertentu untuk meningkatkan daya tahan [13]. Dinding penahan tanah jenis kantilever tergolong sebagai solusi yang baik dan ekonomis dalam pelaksanaan pada jalan. Keunggulannya terletak pada kemudahan penyesuaian dengan kondisi lapangan, dan kemampuannya menahan perpindahan tanah secara tegak serta mendatar dengan skala besar, tanpa menimbulkan kerusakan [14]. Fondasi tiang bor adalah jenis fondasi yang diterapkan dengan metode pengeboran, dimana lubang bor diisi dengan tulangan dan kemudian dicor. Terdapat beberapa metode dalam pelaksanaannya yaitu metode basah, kering, dan metode yang menggunakan pipa baja untuk menjaga kestabilan lubang bor [15]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan dinding penahan tanah, kestabilan lereng pada jalan dapat ditingkatkan. Pemberian kekuatan pada lereng ini berfungsi untuk meningkatkan tingkat keamanan dan mencegah keruntuhan kembali [10]. Salah satu penelitian merekomendasikan untuk penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever sebagai alternatif untuk meningkatkan kestabilan lereng secara mekanis. Dinding penahan jenis ini memiliki kelebihan dalam memenuhi semua aspek keamanan dengan hasil pengujian mencapai nilai 1,40 [5]. Meskipun lereng aktual

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025

diperkirakan memenuhi faktor keamanan dengan $SF > 1$, namun masih mengalami keruntuhan. Setelah dilakukan survei ditemukan bahwa dinding penahan tanah yang dibangun tidak memenuhi standar faktor keamanan. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan tambahan berupa fondasi tiang bor untuk meningkatkan kekuatan tanah. Dengan penggunaan fondasi tiang bor, nilai keamanan meningkat dari 0,51 menjadi 1,65 yang sudah memenuhi faktor keamanan lereng [16].

Upaya pencegahan tanah longsor dilakukan dengan menambahkan dinding penahan tanah jenis kantilever dan fondasi tiang bor pada ruas jalan di Km. 50+950 – 51+035 Kabupaten Pesisir Selatan. Kajian ini mencakup stabilitas dinding penahan tanah terhadap momen guling, gaya geser, daya dukung tanah, lama waktu pelaksanaan dan anggaran biaya yang diperlukan untuk mengatasi tanah longsor.

Keruntuhan bahu jalan, seperti yang terlihat pada Gambar 1, disebabkan oleh tingginya curah hujan dan kondisi topografi lereng yang curam. Hal ini membuat bahu jalan rentan terhadap keruntuhan, terutama pada bagian yang memiliki jenis tanah bermasalah.



Gambar 1. Tampak kerusakan bahu jalan di Km. 50+950 - 51+035 Kabupaten Pesisir Selatan

Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan untuk membangun dinding penahan pada bahu jalan yang dikombinasikan dengan fondasi tiang bor. Kombinasi ini akan memperkuat bahu

jalan dalam menahan pergeseran tanah yang merupakan salah satu faktor utama penyebab keruntuhan pada jalan nasional.

Salah satu solusi yang ditawarkan untuk mengatasi tanah bermasalah adalah dengan melakukan perbaikan sifat tanah (*ground improvement*). Tindakan perbaikan ini dapat didefinisikan sebagai langkah untuk memperbaiki komponen - komponen dalam tanah bermasalah baik secara teknis maupun mekanis yang kemudian diikuti dengan penyelidikan atau investigasi tanah. Secara umum, perbaikan ini dilakukan secara bertahap salah satunya dengan memperbaiki tanah dan membangun struktur dinding penahan tanah tipe kantilever yang dikombinasikan dengan fondasi tiang bor (*bored pile*).

2. Metode Penelitian

Penelitian terdahulu menjelaskan bahwa Indonesia sangat rentan terhadap bencana alam, salah satunya adalah pergerakan tanah yang dipengaruhi oleh faktor iklim di negara Indonesia [17]. Penelitian ini dilakukan pada Jalan Nasional Km. 50+950 – 51+035 (Jalan Batas Kota Padang – Painan) Kabupaten Pesisir Selatan. Gambar 2 yang memperlihatkan kondisi eksisting dari lokasi penelitian. Observasi di lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab longsor. Pengumpulan data sekunder dilakukan untuk memperkuat hasil observasi di lapangan.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025



Gambar 2. Titik lokasi terjadinya tanah longsor di bahu jalan Nasional km.50+950 – 51+035 Pesisir Selatan

Data tanah yang digunakan berupa data *Standard Penetration Test (SPT)* selanjutnya dianalisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode potongan dengan jari-jari yang berbeda sebanyak tiga kali percobaan. Hasil analisis stabilitas lereng menunjukkan bahwa kondisi lereng asli dikategorikan tidak aman karna hasil dari perhitungan $FS = 1 < 1,25$ (syarat faktor keamanan). Dikarenakan kondisi lereng tidak aman, maka dibutuhkan solusi untuk mengatasi permasalahan longsor di bahu jalan dengan memberikan struktur dinding penahan tanah dan fondasi tiang bor.

Hasil pemeriksaan tanah di lapangan menunjukkan bahwa kedalaman tanah keras di titik bor BH-02 adalah 10 meter. Hasil boring menunjukkan bahwa karakteristik tanah pada kedalaman berkisar 8 – 9 m berupa tanah pasir kasar campuran gravel. Perhitungan fondasi tiang bor, daya dukung ujung tiang kelompok (Q_p) menggunakan metode Mayerhof (1976) dan metode Vesic (1977), daya dukung sisi tiang kelompok (Q_s) menggunakan metode Alfa dan metode Coyle and Castello (1981). Untuk daya dukung ujung tiang tunggal menggunakan metode Mayerhof (1976) dan Briaud et al (1956).

2.1. Analisis Stabilitas Lereng

“Lereng didefinisikan sebagai bidang miring yang terhubung dengan bidang lain dan

memiliki faktor kemiringan yang berbeda [14]. Kajian stabilitas permukaan tanah adalah ilmu yang mempelajari keseimbangan interaksi suatu bidang datar, terutama dalam menentukan bidang longsor atau runtuh. Pembebanan yang terjadi secara tetap atau perlahan yang didominasi oleh gaya gravitasi, dapat menyebabkan keruntuhan permukaan tanah atau lereng akibat kurangnya tahanan geser [15]”.

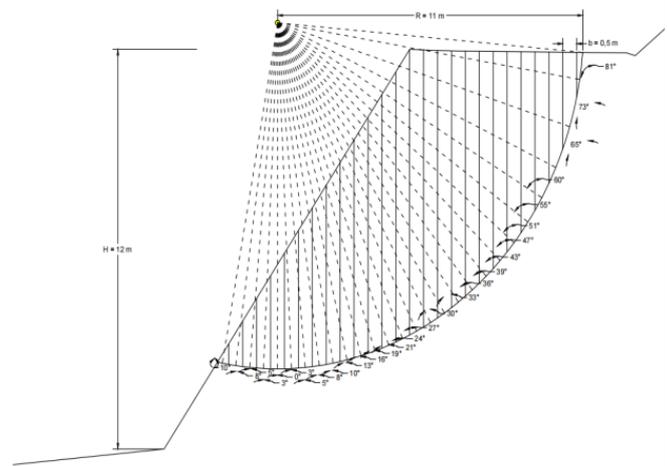
Rumus umum :

$$SF = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \dots \dots \dots (1)$$

Berikut terdapat nilai parameter tanah, gambar dan hasil rekapitulasi stabilitas lereng yang digunakan dalam perhitungan analisis stabilitas lereng pada ruas jalan di Km. 50+950 – 51+035 Kabupaten Pesisir Selatan yakni.

Tabel 1. Nilai parameter tanah

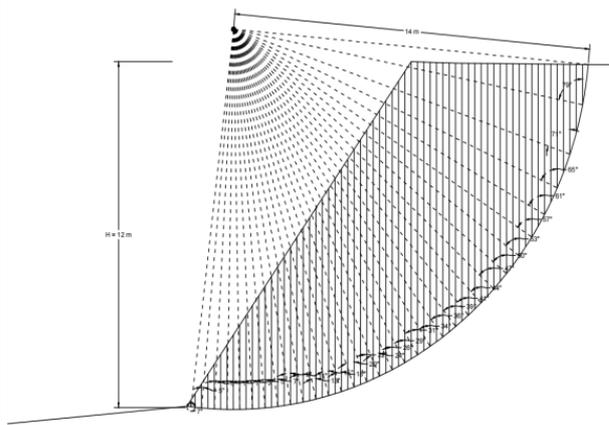
Parameter Tanah	Nilai
Kohesi (c)	6 kN/m ²
Sudut Geser (ϕ)	25,4°
Berat Volume Lapangan (γ_{insitu})	15,7 kN/m ³



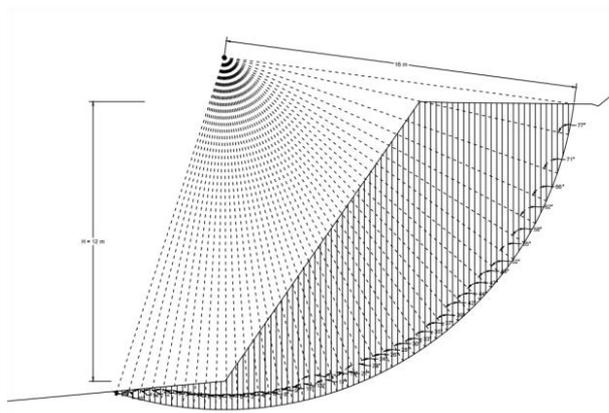
(a) Lereng dengan jari – jari (R = 11 m)

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025



(b) Lereng dengan jari – jari (R = 14 m)



(c) Lereng dengan jari – jari (R = 16 m)

Gambar 3. Analisa stabilitas lereng dengan 3 kali percobaan jari – jari yang berbeda

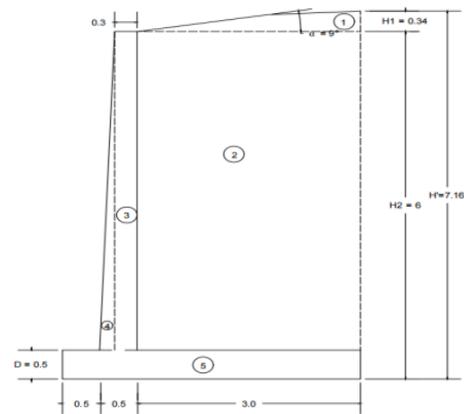
2.2. Analisis Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dibangun dengan muka dinding tegak (*buttress*) maupun dengan penulangan di bagian belakang dinding (*counterfort*). Dinding penahan tanah yang terbatas penggunaannya adalah tembok krib (*crib wall*) dan bronjong, karena stabilitas keduanya bergantung pada berat sendiri. Gambar 3 menunjukkan bentuk dinding penahan tanah di lapangan.



Gambar 4. Tampak dinding penahan tanah di lapangan

SNI 8460, mengemukakan dinding penahan tanah jenis gravitasi dan semi gravitasi yakni dinding penahan tanah yang dibuat dari susunan batu kali atau beton serta tanah yang berada di atas bagian dinding [20].



Gambar 5. Detail dinding penahan tanah tipe kantilever

Rumus umum :

Faktor keamanan terhadap guling,

$$SF = \frac{M_R}{M_O} \dots\dots\dots(2)$$

dengan, (Syarat aman > 1,2 – 1,5)

Faktor keamanan terhadap geser,

$$SF = \frac{T+P_p}{P_a} \dots\dots\dots(3)$$

dengan, (Syarat aman > 1,2 – 1,5)

Faktor keamanan terhadap daya dukung,

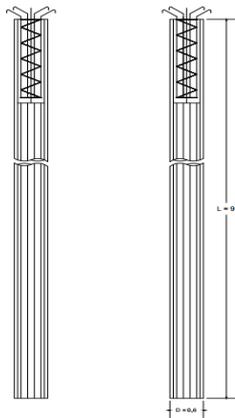
$$FS_{(Bearing\ Capacity)} = \frac{q_u}{q_{toe}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan, (Syarat aman > 3 – 5)

Informasi Artikel

2.3. Analisis Fondasi Tiang Bor

Tanah dengan daya dukung rendah tidak mampu menahan beban dari struktur dinding penahan tanah maupun beban tambahan lainnya. Oleh karena itu, digunakan fondasi tiang bor untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah yang lebih dalam dan stabil, sehingga kestabilan dan keamanan struktur dapat terjaga.



Gambar 6. Ukuran fondasi bor

Analisis daya dukung fondasi tiang bor berupa daya dukung ujung (Q_p) yang menggunakan metode Mayerhof (1976) dan metode Vesic (1977), sedangkan daya dukung sisi (Q_s) menggunakan metode Alfa dan metode Coyle and Castello (1981), dan daya dukung ujung tiang tunggal berdasarkan data N-SPT menggunakan metode Mayerhof (1976) dan metode Briaud et al (1956).

Rumus umum Tiang Tunggal :

Daya dukung ujung,

$$Q_p = A_p \times q' \times N_q^* \leq A_p \times q_l \dots\dots\dots(5)$$

(Mayerhof, 1976)

$$Q_p = A_p \times q_p = A_p \times \overline{\sigma'_0} \times N_{\sigma}^* \dots\dots\dots(6)$$

(Vesic, 1977)

Daya dukung sisi,

$$Q_{s1} = \sum \alpha \times C_u \times p \times \Delta L \dots\dots\dots(7)$$

(Alfa)

$$Q_{s2} = f_{av} \times p \times \Delta L \dots\dots\dots(8)$$

(Coyle and Castello, 1981)

Daya dukung ultimit tiang tunggal,

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(9)$$

Daya dukung allowable,

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{2,5} \dots\dots\dots(10)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Keterangan Pengujian SPT

Penelitian ini dilakukan di jalan Nasional dengan menggunakan pengujian tanah *Standard Penetration Test* (SPT) yang terdapat pada pengujian tanah di titik kedua (BH-02). Berikut terdapat tabel hasil pengujian tanah menggunakan *Standard Penetration Test* (SPT) untuk mengetahui kategori tanah perkedalaman 2 m atau per lapisan tanah yang akan diuji.

Tabel 2. Data tanah BH-02

Data Tanah (SPT)			
Kedalaman	H	N value	Jenis Tanah
0 - 2 m	2	1	Lempung campur gravel
2 - 4 m	4	2	Lempung campur gravel
4 - 6 m	6	60	Lempung berpasir
6 - 8 m	8	60	Pasir Kasar
8 - 10 m	10	60	Batu Cadas (Pasir Kasar)

3.2. Analisis Stabilitas Lereng

Dari hasil analisis percobaan dan perhitungan untuk stabilitas lereng dengan metode potongan (*Slices*) terdapat rekapitulasi keamanan lereng yang menandakan lereng tersebut tidak stabil ($FS < 1,25$).

Tabel 3. Rekapitulasi hasil analisis stabilitas lereng dengan 3 kali percobaan (jari-jari yang berbeda)

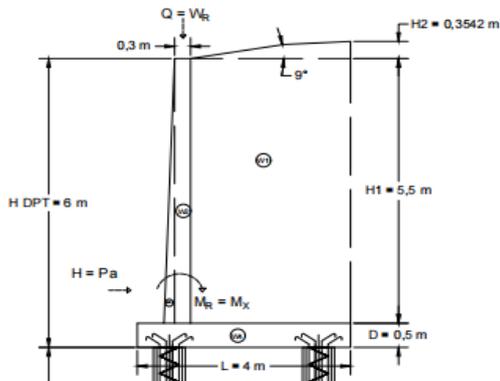
	Jari-Jari (R)	Faktor Keamanan (FS)
Lereng Asli (H = 12 m)	11 m	1,08
	14 m	0,96
	16 m	0,94

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025

3.3. Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever

Penelitian perbaikan tanah longsor pada jalan nasional ini menggunakan perkuatan berupa dinding penahan tanah (DPT) tipe kantilever. Penggunaan DPT memerlukan analisis perhitungan stabilitas untuk memastikan bahwa dinding penahan tanah tersebut mampu menahan beban yang bekerja di atasnya dan menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi tanah longsor. Stabilitas DPT dipengaruhi oleh gaya - gaya, momen yang bekerja, dan ketinggian DPT yang digunakan di lapangan. Gambar berikut menunjukkan bentuk DPT tipe kantilever beserta ukuran gaya-gaya, momen, ketinggian, dan beban yang bekerja pada dinding penahan tanah tersebut.



Gambar 7. Dinding penahan tanah kantilever dan gaya - gaya yang bekerja

Dari perhitungan stabilitas dinding penahan tanah kantilever diketahui dari Tabel 3 terdapat hasil keamanan yang memenuhi standar pada momen guling dan geser, namun pada daya dukungnya tidak terpenuhi hanya menggunakan DPT saja. Dapat dilihat dari rekapitulasi tabel sebagai berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi komponen faktor keamanan terhadap dinding penahan tanah kantilever

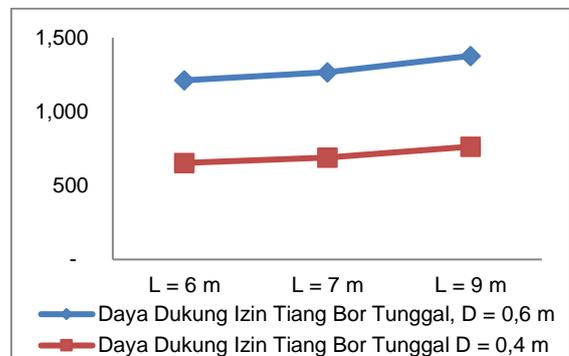
Faktor keamanan terhadap guling	=	3,927	>1,2 - 1,5	Oke
Faktor keamanan terhadap geser	=	2,338	>1,2 - 1,5	Oke
Faktor keamanan terhadap daya dukung	=	1,578	>3 - 5	Not Oke

3.4 Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Berdasarkan Data Nspt

Nilai N60 yang diperoleh dari pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) di lapangan digunakan dalam perhitungan. Untuk perbaikan kondisi lapangan, pengujian tanah dilakukan dengan menggunakan N-SPT yang hasilnya dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil daya dukung fondasi tiang bor aktual dan variasi

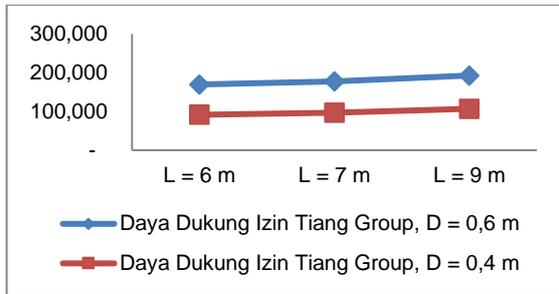
Panjang Dan Diameter Tiang Bor	Daya Dukung Tiang Tunggal		Daya Dukung Tiang Group	
	Qu (kN)	Qall (kN)	Qu (kN)	Qall (kN)
L = 9 m ; D = 0,6 m (Aktual)	3.443,4	1.377,3	482.0	192.8
L = 9 m ; D = 0,4 m	1.908,8	763,5	267.2	106.8
L = 7 m ; D = 0,6 m	3.167,4	1.266,9	443.4	177.3
L = 7 m ; D = 0,4 m	1.724,8	689,9	241.4	96.5
L = 6 m ; D = 0,6 m	3.029,4	1.211,8	424.1	169.6
L = 6 m ; D = 0,4 m	1.632,8	653,1	228.6	91.4
Qbeban	41.766,4 kN			



Gambar 8. Grafik Rekapitan Hasil Tiang Bor Tunggal Dengan Panjang dan Diameter Bervariasi

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025



Gambar 9. Grafik Rekapitan Hasil Tiang Bor Group Dengan Panjang dan Diameter Bervariasi untuk 70 tiang

Gambar 8 dan 9 menunjukkan bahwa semakin besar diameter tiang dan semakin Panjang tiang yang digunakan menyebabkan daya dukung semakin meningkat. Hal ini disebabkan meningkatnya luas permukaan yang menyalurkan beban ke tanah, baik melalui ujung bawah tiang maupun gesekan pada sisi-sisinya. Selain itu, tiang yang lebih panjang memungkinkan beban dialirkan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih kuat, sehingga struktur menjadi lebih stabil dan aman.

3.5 Perhitungan Anggaran Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan

Setelah analisis perhitungan kekuatan untuk kasus jalan nasional ini dilakukan, penelitian dilanjutkan dengan menghitung anggaran biaya dan waktu pelaksanaan sebagai acuan pembangunan konstruksi. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis anggaran penelitian dengan kekuatan DPT disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil biaya dan waktu pelaksanaan tiang bor aktual dan variasi

Panjang Dan Diameter Tiang Bor	Biaya	Waktu Pelaksanaan
L = 9 m ; D = 0,6 m (Aktual)	10.361.534.397	10 Minggu
L = 9 m ; D = 0,4 m	8.539.934.397	9 Minggu
L = 7 m ; D = 0,6 m	7.079.528.701	10 Minggu
L = 7 m ; D = 0,4 m	6.805.528.701	9 Minggu
L = 6 m ; D = 0,6 m	6.436.925.853	9 Minggu

L = 6 m ; D = 0,4 m 6.314.525.853 8 Minggu

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perhitungan stabilitas lereng dengan metode potongan pada tiga titik pengujian menghasilkan faktor keamanan (F_s) rata-rata 0,99, yang kurang dari 1,25. Hal ini menunjukkan lereng tidak aman karena tidak memenuhi syarat keamanan terhadap kelongsoran. Hasil perhitungan stabilitas DPT tipe kantilever menunjukkan bahwa lereng aman atau memenuhi standar keamanan dengan syarat $FS > 1,2 - 1,5$. Faktor keamanan momen guling $FS_{(Overturning)}$ adalah 3,927 dan faktor keamanan momen geser $FS_{(Sliding)}$ adalah 2,338 yang memenuhi faktor keamanan.

Dengan demikian, standar keamanan daya dukung berkisar antara 3 dan 5. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa syarat aman daya dukung yang diizinkan $FS_{(Bearing Capacity)}$ adalah 1,578 (belum terpenuhi). Oleh karena itu, dalam analisis kasus ini, perbaikan menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever kurang efektif atau tidak memenuhi standar keamanan karena hanya mampu menahan momen guling dan momen geser, tetapi tidak mencukupi untuk daya dukung yang bekerja.

Maka, diperlukan struktur tambahan untuk memperkuat daya dukung pada dinding penahan tanah yakni dengan memberi perkuatan tambahan berupa fondasi tiang bor agar terpenuhi dari standar keamanan. Hasil DPT dan tiang bor tunggal dengan nilai $Q_p = 2.201,52$ kN, $Q_s = 1.248,81$, $Q_u = 3.443,43$ kN, dan $Q_{all} = 1.377,37$ kN (sudah lebih baik) tetapi

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025

karena nilai beban yang bekerja diatas konstruksi senilai 41.766,45 kN maka daya dukung izin tidak cukup terhadap faktor keamanan pada beban yang bekerja. Hal ini dilanjutkan dengan fondasi tiang bor group hasil daya dukung izinnnya telah melebihi beban yang bekerja diatasnya yakni Qall kelompok = 192.832,11 kN > 41.766,45 kN terpenuhi.

Perhitungan anggaran biaya menunjukkan bahwa pekerjaan tanah memerlukan biaya sebesar Rp1.014.084.930,62 (*Satu miliar empat belas juta delapan puluh empat ribu sembilan ratus tiga puluh rupiah koma enam puluh dua sen*) dengan waktu pelaksanaan sekitar 4 minggu, sedangkan pekerjaan struktur memerlukan biaya sebesar Rp10.361.534.397,05 (*Sepuluh miliar tiga ratus enam puluh satu juta lima ratus tiga puluh empat ribu tiga ratus sembilan puluh tujuh rupiah koma nol lima sen*) dengan waktu pelaksanaan 10 minggu.

Daftar Rujukan

- [1] Andriani, R. Yuliet, dan Franky Leo Fernandez, "Pengaruh penggunaan semen sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung daerah lambung bukit terhadap nilai cbr tanah," vol. 8, no. 1, hal. 29–44, 2012.
- [2] A. Gazali, A. Sidiq, dan A. Surya, "Analisis Stabilitas Lereng Dan Penanggulangan Longsoran Menggunakan Program Plaxis V.8.2," *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, hal. 1, 2020, doi: 10.31602/jk.v3i1.3593.
- [3] A. Andriani, B. M. Adji, E. E. Putri, dan L. F. Safira, "Assessment of factors causing landslides using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method," *J. Integr. Adv. Eng.*, vol. 4, no. 1, hal. 51–64, 2024, doi: 10.51662/jiae.v4i1.127.
- [4] A. Nugraha dan A. Syusetyaningsih, "Analisis Potensi Tanah Longsor di Jalan Raya Cikajang Pameungpeuk Daerah Batu Numpang," *J. Konstr.*, vol. 19, no. 2, hal. 277–287, 2022, doi: 10.33364/konstruksi/v.19-2.881.
- [5] J. Paing Heru Waskito dan D. Setiya Raharja, "Comparative Study of Conventional Cantilever Wall and Mechanically Stabilized Earth Wall for Slope Failure Remediation," *J. Civ. Eng.*, vol. 38, no. 3, hal. 160, 2023, doi: 10.12962/j20861206.v38i3.19457.
- [6] S. Pradhan, D. G. Toll, N. J. Rosser, dan M. J. Brain, "An investigation of the combined effect of rainfall and road cut on landsliding," *Eng. Geol.*, vol. 307, no. May, hal. 106787, 2022, doi: 10.1016/j.enggeo.2022.106787.
- [7] D. G. Tol, N. J. Rosser, dan M. J. Otak, "Geologi Teknik terhadap tanah longsor," vol. 307, hal. 1–16, 2022.
- [8] G. Sharief dan A. Susetyaningsih, "Studi Kawasan Kerentanan Longsor pada Ruas Jalan Cikajang Pamengpeuk KM BDG 88+200 S/D 147+790," *J. Konstr.*, vol. 21, no. 2, hal. 175–186, 2023, doi: 10.33364/konstruksi/v.21-2.1343.
- [9] A. M. Ningsih dan W. Handayani, "Study Of Landslide Disaster Characteristics in Ogan Komering Ulu Selatan District," *J. Geod. Geomatics*, vol. 19, no. 1, hal. 28–40, 2023.
- [10] U. S. Minaka, R. Uanza, S. Nisumanti, dan G. Amalia, "Slope Stability Analysis of Sekayu-Mangun Jaya Road STA 127+350 Reinforced with Retaining Walls," *Cived*, vol. 10, no. 3, hal. 1146–1157, 2023, doi: 10.24036/cived.v10i3.462.
- [11] E. Mina, W. Fathonah, dan F. D. C. Sari, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita - Kranggan," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.36055/jft.v8i1.5397.
- [12] L. D. Wesley, "Mekanika Tanah untuk tanah endapan dan residu," hal. 577, 2012, [Daring]. Tersedia pada: [http://web.ipb.ac.id/~erizal/mektan/2010_Mekanika a Tanah untuk Tanah endapan dan residu.pdf](http://web.ipb.ac.id/~erizal/mektan/2010_Mekanika%20Tanah%20untuk%20Tanah%20endapan%20dan%20residu.pdf)
- [13] H. C. Hardiyatmo, "Mekanika Tanah II H C Hardiyatmo," *Gadja Mada Unuversity Press*, vol. 3, hal. 326–393, 2010.
- [14] B. M. Das dan K. Sobhan, "Priciples of Geotechnical Engineering," *Cengage Learn.*, hal. 819, 2018.
- [15] A. Hakam, "Rekayasa Pondasi Untuk Mahasiswa Dan Praktisi," no. April 2008, hal. 240, 2008.
- [16] N. Kamila, M. Khoiri, dan F. Siagian, "The Improvement of Existing Slope Reinforcement System and The Design of Alternative Slope Reinforcements Case Study: Lainea-Awunio Road Section Km 98+050 South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province," *J. Infrastruct. Facil. Asset Manag.*, vol. 6, no. 0, hal. 41–52, 2024, doi: 10.12962/jifam.v6i0.19995.
- [17] S. S. W. Muzani *, Asma Irma Setianingsih, "ANALYSIS OF THE CAUSE OF LANDSLIDE DISASTER IN SUKABUMI, INDONESIA (USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS)," vol. 56, no. 1, 2021.
- [18] "KAK Penanganan Longsoran PPK 2.3 Sumbar Rev.PDF."
- [19] R. S. Warman, "Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi," hal. 1–94, 2019.
- [20] SNI 8460:2017, "Persyaratan Perancangan Geoteknik," *Standar Nas. Indones.*, vol. 8460, hal. 1–323, 2017.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-03-2025 | Selesai Revisi: 30-04-2025 | Diterbitkan Online: 01-05-2025