



# Model Desain Dinding Penahan Talud Tower PLN T-28 Kecamatan Kandangan Kabupaten Jombang

Slamet R.B. Prasetyo<sup>1\*</sup>, Imam Junaidi<sup>1</sup>, Niswah Selmi K<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Jember, Jember, Indonesia

## Informasi Artikel

### Sejarah Artikel:

Submit: 28 Maret 2025

Revisi: 04 April 2025

Diterima: 17 Mei 2025

Diterbitkan: 31 Mei 2025

## Kata Kunci

perkuatan lereng, dinding penahan bertingkat, minipile, tanah lempung, GeoSlope, kestabilan

## Correspondence

[slametrohadi.teknik@unej.ac.id](mailto:slametrohadi.teknik@unej.ac.id)\*

## A B S T R A K

Tower PLN T-28 yang terletak di Kecamatan Kandangan, Kabupaten Jombang, berada pada kawasan dengan topografi curam dan terjal serta didominasi oleh tanah lanau lempung yang memiliki daya dukung rendah dan rentan terhadap kelongsoran. Kondisi ini memerlukan perencanaan perkuatan lereng yang tepat guna menjamin stabilitas dan keamanan struktur tower. Penelitian ini merancang model perkuatan talud menggunakan sistem dinding penahan tanah bertingkat yang dikombinasikan dengan minipile pada bagian dasar pondasi untuk meningkatkan kapasitas dukung tanah dan mencegah pergerakan lateral. Analisis kestabilan lereng dilakukan menggunakan perangkat lunak Geoslope yang mampu mensimulasikan kondisi geoteknik secara detail. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi dinding penahan bertingkat dan minipile secara signifikan meningkatkan nilai faktor keamanan lereng hingga mencapai batas aman ( $>1.5$ ). Model desain ini terbukti efektif dan dapat dijadikan acuan dalam perencanaan perkuatan lereng pada kondisi geoteknik serupa.

## Abstract

PLN Tower T-28, located in Kandangan District, Jombang Regency, is situated in a steep and rugged area dominated by silty clay soil with low bearing capacity and high susceptibility to landslides. These conditions require a well-planned slope reinforcement design to ensure the stability and safety of the tower structure. This study proposes a slope reinforcement model using a tiered retaining wall system combined with minipiles at the foundation base to enhance soil bearing capacity and prevent lateral movement. Slope stability analysis was conducted using GeoSlope software, which effectively simulates detailed geotechnical conditions. The analysis results indicate that the combination of tiered retaining walls and minipiles significantly improves the slope safety factor, reaching a secure value ( $>1.5$ ). The proposed design model is proven effective and can serve as a reference for slope reinforcement planning under similar geotechnical conditions.

This is an open access article under the CC-BY-SA license



## 1. Pendahuluan

Stabilitas lereng merupakan faktor penting dalam perencanaan struktur di wilayah dengan kondisi topografi ekstrem. Tower PLN T-28 yang terletak di Kecamatan Kandangan, Kabupaten Jombang, berada pada lereng yang curam dengan dominasi jenis tanah lanau lempung. Tanah lanau lempung memiliki sifat kohesif tinggi namun permeabilitas rendah, yang menyebabkan potensi

kejenuhan tinggi saat musim hujan. Hal ini menjadikan lokasi tersebut sangat rawan terhadap gerakan tanah dan longsor.

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa peristiwa longsor hampir selalu terjadi pada musim hujan, baik selama hujan lebat berlangsung maupun tidak lama setelah hujan berhenti [5]. Fenomena ini mendukung teori *crack soil* [5]. yang menyatakan bahwa tanah lempung cenderung membentuk retakan saat musim kemarau akibat proses penyusutan. Retakan-retakan ini kemudian menjadi jalur cepat infiltrasi air saat hujan tiba, yang mempercepat proses kejenuhan tanah dan meningkatkan tekanan pori secara tiba-tiba. Akibatnya, lereng kehilangan stabilitas tanpa menunjukkan gejala deformasi yang mencolok sebelumnya.

Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan pendekatan desain yang mampu menjawab tantangan geoteknik secara menyeluruh. Penelitian ini merancang model perkuatan talud menggunakan dinding penahan tanah bertingkat yang dikombinasikan dengan minipile di bagian dasar pondasi. Kombinasi ini bertujuan untuk menahan gaya lateral akibat tekanan tanah dan air, sekaligus meningkatkan daya dukung vertikal dan mencegah pergerakan tanah di sekitar fondasi tower.

Selain struktur perkuatan, manajemen air di balik dinding penahan tanah juga merupakan elemen yang sangat penting dalam sistem stabilisasi lereng[1]. Tanpa sistem drainase yang memadai, tekanan air tanah (hydrostatic pressure) akan meningkat di belakang dinding, yang pada akhirnya dapat memicu kegagalan struktur dinding itu sendiri maupun menyebabkan longsor sekunder. Oleh karena itu, sistem drainase seperti saluran rembesan (weeping holes), pipa perforasi (drain pipe), serta lapisan filter geotekstil harus dirancang secara tepat untuk mengalirkan air keluar dari zona aktif secara aman dan terkendali.

Analisis kestabilan lereng dan efektivitas desain dilakukan menggunakan perangkat lunak GeoSlope, yang mampu memodelkan perilaku tanah, tekanan air, dan efek struktur terhadap kestabilan lereng. Hasil dari simulasi ini akan menunjukkan apakah desain mampu meningkatkan faktor keamanan lereng ke nilai yang memenuhi standar teknis ( $>1,5$ ), serta memberikan dasar ilmiah untuk implementasi di lapangan. Stabilitas lereng merupakan aspek krusial dalam perencanaan dan perlindungan infrastruktur, khususnya pada daerah dengan kondisi geografis yang curam dan terjal. Salah satu lokasi yang menghadapi tantangan geoteknik serius adalah Tower PLN T-28 yang berada di Kecamatan Kandangan, Kabupaten Jombang. Wilayah ini memiliki kemiringan lereng yang tinggi dan didominasi oleh jenis tanah lempung, yang secara umum memiliki kohesi tinggi namun permeabilitas rendah. Karakteristik ini menjadikan lereng sangat rentan terhadap kejadian longsor, terutama saat musim hujan.

Jika kondisi ini dibiarkan tanpa penanganan, maka bukan hanya struktur tower PLN yang terancam, tetapi juga keselamatan warga yang melintasi jalur di sekitar lokasi[2]. Jalur tersebut kerap digunakan masyarakat sebagai akses penghubung antar desa. Longsor yang terjadi sewaktu-waktu dapat menyebabkan runtuhnya material ke badan jalan, menimbulkan kerusakan infrastruktur, hambatan lalu lintas, serta risiko kecelakaan yang membahayakan jiwa.

Sebagai upaya mitigasi, penelitian ini mengusulkan model desain perkuatan lereng menggunakan dinding penahan tanah bertingkat yang dikombinasikan dengan minipile pada dasar pondasi. Dinding penahan bertingkat berfungsi untuk memecah tinggi lereng menjadi beberapa bagian yang lebih stabil, sementara minipile memperkuat fondasi struktur dan membantu menahan gaya geser serta pergerakan lateral tanah. Lebih jauh lagi, manajemen air di balik dinding penahan tanah menjadi komponen vital dalam sistem ini. Tanpa drainase yang baik, air hujan dapat terperangkap di balik dinding, meningkatkan tekanan air tanah dan mempercepat kegagalan

struktur. Oleh karena itu, sistem drainase seperti weep holes, pipa drainase, dan lapisan filter diperlukan untuk mengalirkan air keluar secara terkendali dan mencegah akumulasi air yang membahayakan.

Untuk mengevaluasi efektivitas rancangan, dilakukan analisis menggunakan perangkat lunak GeoSlope, yang mampu memodelkan kondisi geoteknik secara realistis dan memberikan simulasi nilai faktor keamanan lereng. Dengan pendekatan ini, diharapkan rancangan perkuatan dapat memberikan solusi teknis yang tidak hanya efektif secara struktural, tetapi juga berkontribusi pada keselamatan masyarakat dan keberlanjutan infrastruktur di kawasan tersebut.

## 2. Metode Pelaksanaan

Penanganan kelongsoran pada lereng Tower PLN T-28 dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan utama, mulai dari survei kondisi eksisting hingga analisis dan desain struktur perkuatan. Metode pelaksanaan ini bertujuan untuk memperoleh data yang akurat sebagai dasar pengambilan keputusan teknis yang tepat. Tahapan pelaksanaannya dijelaskan sebagai berikut memuat lokasi dan waktu, kelompok sasaran, teknik pengumpulan data, analisis data, dan penyajian data.

### 2.1. Survei Lokasi Eksisting

Data dari penyelidikan tanah dan topografi digunakan dalam analisis kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak Geoslope. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (safety factor) lereng dalam kondisi eksisting maupun setelah perkuatan. Beberapa skenario kondisi yang dianalisis:

- 2.1.1. Kondisi kering (dry season).
- 2.1.2. Kondisi jenuh saat hujan (fully saturated).
- 2.1.3. Kondisi setelah pemasangan perkuatan.

Metode perhitungan menggunakan Limit Equilibrium Method (LEM), seperti Bishop Simplified atau Janbu Method, untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang representatif.

### 2.2. Pengumpulan Data Penyelidikan Tanah dan Topografi

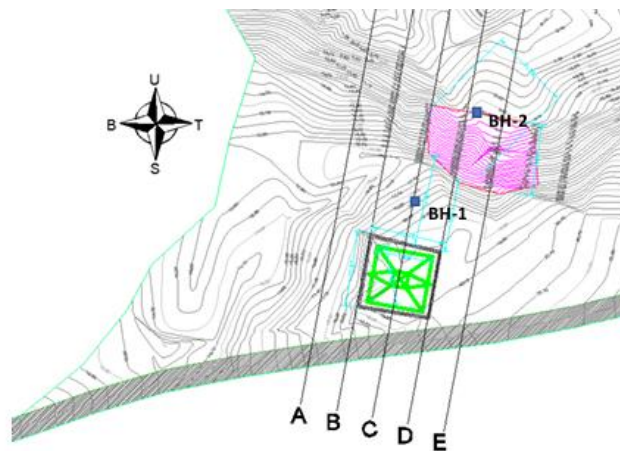
Selanjutnya dilakukan penyelidikan tanah 2 titik borehole guna memperoleh parameter teknis tanah yang digunakan untuk analisis kestabilan lereng dan desain struktur. Pengumpulan data ini meliputi:

- 2.2.1. Pengambilan sampel tanah (undisturbed dan disturbed) di beberapa titik kritis.
- 2.2.2. Pengujian laboratorium meliputi uji kadar air, berat jenis, batas Atterberg, UCS dan direct shear test untuk memperoleh parameter kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).
- 2.2.3. Pengamatan struktur lapisan tanah dan kedalaman muka air tanah.
- 2.2.4. Penilaian tingkat pelapukan dan struktur tanah di lokasi.

Data topografi dikumpulkan untuk mendapatkan gambaran geometri lereng dan morfologi kawasan. Tahapan ini dilakukan dengan:

- 2.2.5. Pengukuran kontur dan elevasi menggunakan total station atau drone mapping.

- 2.2.6. Pembuatan peta topografi lereng dalam bentuk digital untuk keperluan pemodelan.
- 2.2.7. Penentuan profil melintang dan memanjang dari area kritis untuk keperluan simulasi stabilitas. Data topografi dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1.** Peta topografi dan titik pengujian boring di lokasi proyek

## 2.4. Analisis Kestabilan Lereng

Data dari penyelidikan tanah dan topografi digunakan dalam analisis kestabilan lereng menggunakan perangkat lunak GeoSlope. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (safety factor) lereng dalam kondisi eksisting maupun setelah perkuatan. Analisis dilakukan dengan kondisi terkritis jenuh air. Metode perhitungan menggunakan limit equilibrium method (LEM), seperti Bishop Simplified atau Janbu Method, untuk mendapatkan nilai faktor keamanan yang representatif.

## 2.5. Desain Struktur Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis, dilakukan perencanaan dan perancangan struktur perkuatan lereng dengan sistem sebagai berikut:

- 2.5.1. Dinding penahan tanah bertingkat, berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah dan membagi ketinggian lereng menjadi beberapa segmen yang lebih stabil.
- 2.5.2. Minipile pada dasar pondasi, sebagai elemen tambahan untuk meningkatkan daya dukung dan menahan gaya geser dari atas lereng.
- 2.5.3. Sistem drainase belakang dinding, termasuk pemasangan weep holes, pipa drainase horizontal, serta lapisan filter geotekstil untuk mencegah tekanan air hidrostatik.

Perencanaan struktur mengikuti standar teknis nasional seperti SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik serta mempertimbangkan kondisi lapangan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Studi ini dilakukan pada lokasi Tower PLN T-28 yang terletak di Kecamatan Kandangan, Kabupaten Jombang dimana area ini merupakan area akses lalu lintas masyarakat. Area ini juga memiliki kondisi topografi yang cukup terjal, yang secara alami meningkatkan risiko ketidakstabilan lereng, terutama saat musim hujan, topografi dapat dilihat **Gambar 1**. Berdasarkan hasil investigasi lapangan dan uji laboratorium, jenis tanah yang mendominasi di lokasi adalah lanau berlempung dengan plastisitas sedang hingga tinggi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

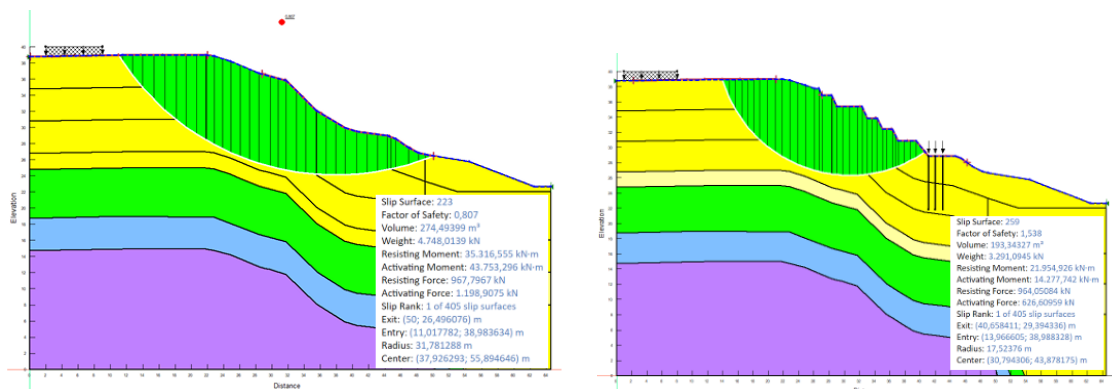
**Tabel 1.** Rekapitulasi Hasil Analisa Data Tanah.

Depth m	N-SPT	Tebal	Jenis Tanah BH-1	Konsistensi	$\gamma_{sat}$ g/cm <sup>3</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$ degree	N-SPT	Tebal	Jenis Tanah BH-2	Konsistensi	$\gamma_{sat}$ g/cm <sup>3</sup>	Cu kg/cm <sup>2</sup>	$\phi$ degree
0	0		Lanau berlempung					0		Lanau berlempung				
2	17	4	Lanau berlempung		1,74	0,303		2	4	Lanau berlempung	Soft	1,71	0,134	0
4	8		Lanau berlempung					5		Lanau berlempung				
6	14		Lanau berlempung	Stiff	1,71	0,222	0	24		Lanau berlempung				
8	16	4	Lanau berlempung					25	6	Lanau berlempung	Very Stiff	1,831	0,65	0
10	16		Lanau berlempung					23		Lanau berlempung				
12	18		Lanau berlempung berpasir		1,74	0,253	0	42	4	Lanau Lempung berbatu	Hard	1,833	0,844	0
14	50	2	Lanau berlempung	Hard	1,823	0,724	0	48		Lanau Lempung berbatu				
16	25							50		Batu	Hard	2,417	162	0
18	27	6	Lempung berpasir	Very Stiff	1,78	0,588	*25	50	4	Batu				
20	33							37		Lempung				
22	49	4	Lempung berlanau berkerikil	Hard	1,81	2	*36	50	8	Lanau Lempung berbatu	Hard	2,3	0,944	0
24	50							50		Lanau Lempung berbatu				
26	50		Pasir Padat					50		Lanau Lempung berbatu				
28	50	4	Pasir Padat	Hard	2,43		*35	50		Lanau Lempung berbatu				

Sumber: Data Sekunder

Karakteristik ini memiliki kecenderungan sulit mengalirkan air dengan cepat, terutama saat terjadi hujan lebat sehingga dengan kondisi tersebut tanah menjadi lebih jenuh dan lebih kritis. Apabila mengacu pada teori crack soil yaitu dimana longsor sering terjadi saat atau setelah hujan lebat dan terdapat retakan tanah mempengaruhi stabilitas lereng. Pada saat hujan, air meresap melalui retakan tersebut dan mempercepat kejenuhan tanah dan tekanan air (pore water pressure) meningkat, yang pada akhirnya meningkatkan potensi longsor. Kondisi ini menjadi dasar dalam menetapkan asumsi pemodelan lereng pada kondisi terkritik, yaitu saat hujan lebat dengan infiltrasi maksimum.

Analisis kestabilan dilakukan menggunakan perangkat lunak bantu berbasis metode keseimbangan batas (LEM). Hasil simulasi terhadap kondisi eksisting menunjukkan bahwa lereng tidak berada dalam kondisi aman, dengan nilai faktor keamanan lebih rendah dari nilai minimum yang disyaratkan. Bidang gelincir teridentifikasi berada pada area lapisan tanah lemah dapat dilihat pada hasil analisa Geoslope pada Gambar 2 dibawah ini.



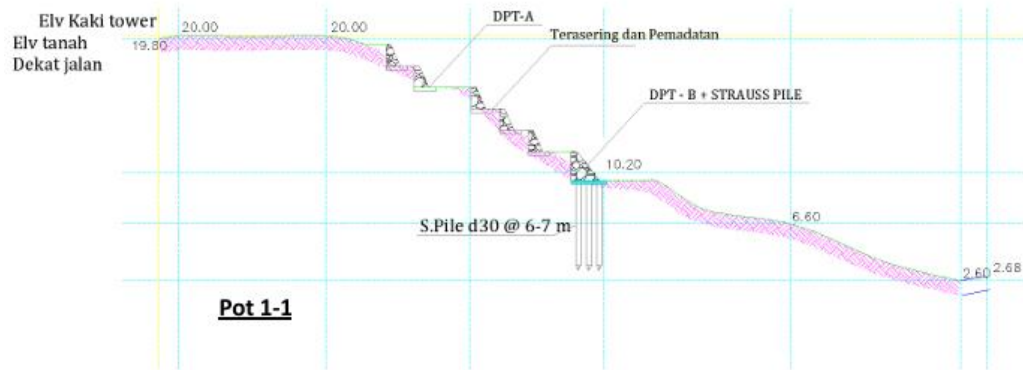
2.6. Analisa Lereng Sebelum perkuatan

b. Analisa Lereng setelah perkuatan

**Gambar 2.** Hasil Analisa lereng T28

Dalam upaya meningkatkan kestabilan lereng, dirancang sistem perkuatan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Desain yang dipilih adalah kombinasi antara dinding penahan tanah bertingkat dan pondasi minipile, dapat dilihat pada Gambar 3. Pendekatan ini dinilai efektif karena dinding bertingkat mampu mengurangi tekanan lateral tanah secara bertahap, sementara minipile berfungsi untuk meningkatkan kapasitas dukung struktur pondasi dan menahan gaya geser dari massa tanah.

Setelah perkuatan diterapkan dalam simulasi, diperoleh peningkatan nilai faktor keamanan menjadi 1,53. Nilai ini menunjukkan bahwa lereng telah berada dalam kondisi stabil sesuai dengan standar teknis. Desain ini tidak hanya memenuhi syarat keamanan, tetapi juga adaptif terhadap kondisi topografi dan jenis tanah yang ada. Oleh karena itu, pendekatan perkuatan ini dapat direkomendasikan untuk lokasi dengan karakteristik serupa, khususnya di wilayah dengan curah hujan tinggi dan risiko retakan permukaan tanah.



**Gambar 3.** Model Desain Perkuatan Lereng

#### 4. Kesimpulan

Perencanaan perkuatan lereng pada lokasi Tower PLN T-28 di Kecamatan Kandangan, Kabupaten Jombang, yang memiliki kondisi topografi curam dan jenis tanah lanau lempung dengan daya dukung rendah, memerlukan pendekatan geoteknik yang tepat guna menjamin kestabilan dan keamanan struktur. Melalui analisis menggunakan perangkat lunak GeoSlope, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem dinding penahan tanah bertingkat yang dikombinasikan dengan minipile pada bagian dasar pondasi secara efektif meningkatkan nilai faktor keamanan lereng hingga melampaui ambang batas aman ( $>1,5$ ). Kombinasi tersebut mampu mengurangi risiko kelongsoran serta meningkatkan kapasitas dukung tanah secara signifikan. Dengan demikian, model desain perkuatan ini layak dijadikan acuan dalam perencanaan teknis pada daerah dengan kondisi geoteknik serupa.

#### Daftar Pustaka

- [1] S. Aleksander, I. B. Mochtar, and W. Utama, "Field validated prediction of latent slope failure based on cracked soil approach," *Lowland Technology International*, vol. 20, no. 3, pp. 245–258, 2018.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8460:2017)*. Jakarta: BSN, 2017.
- [3] B. M. Das, *Principles of Foundation Engineering*, 9th ed. Stamford, USA: Cengage Learning, 2018.
- [4] H. Hutagamissufardal, I. B. Mochtar, and N. E. Mochtar, "The effect of cracks propagation on cohesion and internal friction angle for high plasticity clay," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 5, pp. 2504–2507, 2018.
- [5] I. B. Mochtar, "Cara baru memandang konsep stabilitas lereng (slope stability) berdasarkan kenyataan di lapangan," in *Proc. Sem. Nasional Geoteknik HATTI*, Banjarmasin, 2011.
- [6] S. R. B. Prasetyo and I. B. Mochtar, "Analisa parameter geser tanah berdasarkan pendekatan cracked soil menggunakan alat uji geser modifikasi," *J. Manaj. Aset Infrastruktur & Fasilitas*, vol. 6, Edisi Khusus 2, pp. 1–10, 2022.