



Analisis Stabilitas Timbunan Tanah dengan Perkuatan Dinding Penahan dan Geotextile

Randy Dandel*, Theo K. Sendow, Sangkertadi

Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: randy.dandel@gmail.com*

Abstrak

Berdasarkan analisis elemen hingga menggunakan Plaxis 2D versi 8.6 pada proyek Pembangunan Dinding Penahan Tipping di PT. Ganda Alam Makmur, penelitian ini membuktikan secara kuantitatif bahwa kombinasi dinding penahan kantilever dan geotextile woven meningkatkan faktor keamanan (Msf) timbunan tanah secara signifikan dari 1,542 (tanpa geotextile, ketinggian 7 m) menjadi 4,994 (dengan 3 lapisan geotextile), melampaui persyaratan minimum SNI 8460:2017 ($Msf \geq 1,5$). Pemasangan geotextile juga mengurangi penurunan total (U_{total}) dari 0,816 m menjadi 0,347 m pada ketinggian timbunan 7m melalui mekanisme distribusi beban merata dan konfinemen tanah. Di bawah pembebanan operasional kendaraan double trailer, sistem perkuatan ini mempertahankan Msf sebesar 3,143 dengan U_{total} terkontrol 0,306 m, yang tergolong *acceptable settlement* menurut standar geoteknik. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi dinding penahan kantilever dan geotextile woven secara efektif meningkatkan faktor keamanan, mengendalikan deformasi struktur, dan mengurangi penurunan tanah dasar di bawah timbunan. Mekanisme peningkatan stabilitas terjadi melalui peran geotextile dalam menahan tegangan tarik, mendistribusikan beban secara merata, melakukan konfinemen terhadap tanah, dan mengurangi konsentrasi tegangan pada zona-zona kritis struktur. Penelitian ini memberikan solusi teknik yang efisien dan ekonomis untuk perkuatan timbunan tanah.

Kata kunci: Dinding Penahan; Faktor Keamanan (Msf); Geotextile; Penurunan Total (U_{total}); Plaxis

Abstract

Based on finite element analysis using Plaxis 2D version 8.6 for the Retaining Wall Construction Project at PT. Ganda Alam Makmur, this research quantitatively proves that the combination of cantilever retaining walls and woven geotextile significantly increases the safety factor (Msf) of soil embankments from 1.542 (without geotextile, height 7 m) to 4.994 (with 3 layers of geotextile), exceeding the minimum requirements of SNI 8460:2017 ($Msf \geq 1.5$). The installation of geotextile also reduces total settlement (U_{total}) from 0.816 m to 0.347 m at an embankment height of 7 m through the mechanism of uniform load distribution and soil confinement. Under operational loading of double-trailer vehicles, this reinforcement system maintains an Msf of 3.143 with a controlled U_{total} of 0.306 m, which is classified as acceptable settlement according to geotechnical standards. The analysis results show that the combination of cantilever retaining walls and woven geotextile effectively increases the safety factor, controls structural deformation, and reduces subsoil settlement under the embankment. The stability enhancement mechanism occurs through the role of geotextile in resisting tensile stress, distributing loads evenly, confining soil, and reducing stress concentrations in critical structural zones. This research provides an efficient and economical engineering solution for soil embankment reinforcement.

Keywords: Safety Factor (Msf), Total Settlement (U_{total}), Retaining Wall, Geotextile, Plaxis

PENDAHULUAN

Stabilitas timbunan tanah merupakan isu kritis dalam pembangunan infrastruktur global yang berdampak langsung terhadap keselamatan publik dan keberlanjutan ekonomi (Siahay et al., 2023). Menurut data World Bank (2021), kerugian ekonomi akibat kegagalan struktur tanah dan longsor di negara-negara berkembang mencapai US\$ 4 miliar per tahun, dengan korban jiwa rata-rata 4.800 orang annually (Froude & Petley, 2018). Di Indonesia, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat bahwa pada periode 2010-2020 terjadi lebih dari 12.000 kejadian tanah longsor yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur senilai Rp 3,2 triliun dan korban jiwa mencapai 1.250 orang (BNPB, 2021). Statistik ini menggarisbawahi urgensi pengembangan solusi teknik yang efektif untuk meningkatkan stabilitas timbunan tanah, terutama pada proyek-proyek konstruksi yang melibatkan pembangunan jalan, bendungan, dan fasilitas industri yang memerlukan fondasi tanah yang stabil.

Timbunan tanah merupakan salah satu konstruksi tanah yang banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur seperti jalan, bendungan, dan fondasi bangunan. Namun, timbunan tanah sering menghadapi tantangan berupa ketidakstabilan yang dapat menyebabkan longsor atau kegagalan struktur (Sari & Istiatun, 2022). Faktor keamanan safety factor yang rendah pada timbunan biasanya disebabkan oleh sifat tanah yang lunak atau kondisi lereng yang curam, sehingga memerlukan metode perkuatan tambahan untuk menjaga kestabilan (Silaban & Pratama, 2025). Salah satu metode yang efektif digunakan adalah pemasangan dinding penahan tanah retaining wall yang berfungsi menahan gaya lateral tanah dan mencegah pergerakan tanah pada lereng (Alzahri, 2020). Selain dinding penahan, penggunaan bahan geosintetik khususnya geotextile sebagai perkuatan pada timbunan tanah semakin populer. Geotextile mampu meningkatkan daya tahan tarik dan kapasitas geser tanah sehingga memperbaiki stabilitas timbunan tanah (Rizqullah, 2022). Geotextile bekerja dengan cara menahan dan mendistribusikan beban secara merata ke tanah di bawahnya, serta memperkuat lapisan tanah yang lunak. Studi eksperimental menunjukkan bahwa kombinasi antara penggunaan dinding penahan dan geotextile dapat secara signifikan meningkatkan faktor keamanan dan menurunkan deformasi tanah pada timbunan (Silaban & Pratama, 2025; Alzahri, 2020).

Beberapa studi terdahulu telah mengeksplorasi efektivitas perkuatan geoteknik dalam meningkatkan stabilitas timbunan tanah (LELONO, 2022). Pertama, penelitian oleh Rowe & Soderman (1985) mendemonstrasikan bahwa penggunaan geotextile pada timbunan di atas tanah gambut mampu meningkatkan faktor keamanan hingga 40% melalui mekanisme tensile reinforcement dan load distribution. Studi ini memberikan fondasi teoritis tentang interaksi tanah-geotextile yang menjadi acuan dalam desain modern. Kedua, Fahmi (2020) menganalisis stabilitas timbunan pada tanah dasar non-homogen menggunakan GeoStudio dan menemukan bahwa variasi properti tanah secara vertikal mempengaruhi distribusi tegangan dan zona keruntuhan potensial, sehingga pemilihan lokasi pemasangan geotextile menjadi krusial (Rachman, 2024). Ketiga, Hamdani (2019) melakukan studi kasus pada proyek Jalan Tol Balikpapan-Samarinda yang mengkombinasikan sheet pile dan geotextile, membuktikan bahwa sistem perkuatan ganda mampu mengurangi penurunan tanah hingga 60% dibandingkan dengan perkuatan tunggal. Keempat, penelitian terbaru oleh Simbolon et al. (2024) menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis pengaruh jumlah lapisan geotextile terhadap faktor keamanan lereng pada dinding penahan tanah, menemukan bahwa peningkatan jumlah lapisan memberikan efek diminishing returns setelah lapisan ketiga. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan bahwa perkuatan geotextile efektif dalam berbagai kondisi tanah, namun optimasi desain masih memerlukan analisis site-specific yang komprehensif (Muhtadi, Naufal, Pujiyanto, & Hamdani, 2025).

Penggunaan metode analisis stabilitas melalui perangkat lunak dan metode limit equilibrium sangat membantu dalam perencanaan konstruksi timbunan yang aman (Romadhoni, 2024). Perhitungan faktor keamanan yang akurat dan desain perkuatan dengan mempertimbangkan tegangan tarik maksimum geotextile serta kapasitas dukung tanah dapat menghindari kegagalan timbunan secara mekanis dan ekonomis (Johari, 2024). Dalam konteks pembangunan infrastruktur di Indonesia, penelitian tentang stabilitas timbunan tanah dengan perkuatan menjadi sangat penting mengingat karakteristik tanah tropis yang cenderung memiliki plastisitas tinggi dan kepadatan rendah (Hardiyatmo, 2010). Kondisi geografis Indonesia yang berada di wilayah cincin api Pasifik dengan curah hujan tinggi juga meningkatkan risiko ketidakstabilan lereng dan timbunan (Polawan & Alam, 2019). Oleh karena itu, pengembangan solusi perkuatan yang efektif tidak hanya berkontribusi pada keselamatan konstruksi tetapi juga pada pengurangan risiko bencana yang dapat menyelamatkan nyawa dan aset nasional (Yunus et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan mengenai perkuatan timbunan tanah, masih terdapat gap pengetahuan yang signifikan, khususnya dalam konteks aplikasi praktis di industri pertambangan Indonesia (Suryanto, 2022). Kebaruan penelitian ini terletak pada beberapa aspek inovatif: (1) Analisis kuantitatif komprehensif yang mengintegrasikan dinding penahan kantilever dengan multiple layers geotextile woven pada kondisi pembebanan ekstrem (kendaraan 300 ton) yang belum banyak diteliti dalam literatur Indonesia; (2) Penggunaan data aktual dari proyek konstruksi PT. Ganda Alam Makmur yang memberikan validitas praktis tinggi, berbeda dengan studi-studi sebelumnya yang lebih bersifat teoretis atau menggunakan data simulasi; (3) Evaluasi sistematis pengaruh variasi jumlah lapisan geotextile (1, 2, dan 3 lapisan) terhadap faktor keamanan dan penurunan total dengan metodologi finite element yang tervalidasi; (4) Kontribusi teknis berupa rekomendasi desain optimal untuk industri pertambangan dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dan teknis secara simultan. Dari perspektif akademis, penelitian ini memperkaya body of knowledge tentang mekanisme interaksi tanah-geotextile-struktur beton dalam kondisi pembebanan dinamis, sementara dari perspektif praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan pedoman engineering untuk proyek-proyek serupa di sektor pertambangan dan infrastruktur berat di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kombinasi perkuatan dinding penahan kantilever dan geotextile woven terhadap nilai faktor keamanan stabilitas timbunan tanah. Fokus utama adalah untuk mengetahui seberapa besar peningkatan stabilitas yang dapat dicapai dengan material tersebut dibandingkan dengan konstruksi tanpa perkuatan, serta bagaimana pemasangannya mempengaruhi penurunan tanah dasar dan stabilitas timbunan secara keseluruhan. Analisis dilakukan dengan pemodelan numerik menggunakan program Plaxis versi 8.6 yang menerapkan Metode Elemen Hingga. Data material untuk geotextile woven dan beton K300 yang digunakan dalam pemodelan ini bersumber dari hasil uji laboratorium dan data pabrikan. Penelitian ini memiliki batasan, di mana pemodelan difokuskan pada kemampuan struktur menahan beban kendaraan tanpa mempertimbangkan pengaruh beban gempa.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam dan solusi teknik yang efektif untuk meningkatkan stabilitas timbunan. Manfaatnya adalah untuk perencanaan konstruksi yang lebih efisien dengan mengurangi ketebalan urugan namun tetap memenuhi faktor keamanan, serta menjadi acuan praktis yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan bagi insinyur dalam menerapkan teknologi geosintetik, khususnya pada tanah lunak dan timbunan berbentuk lereng.

METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan pada Proyek Pekerjaan Pembangunan Dinding Penahan Tipping di PT. GANDA ALAM MAKMUR dengan lokasi berada di Desa Sempayau, Kec. Sangkulirang, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur dengan koordinat 1°08'30.7"N 117°52'38.2"E.



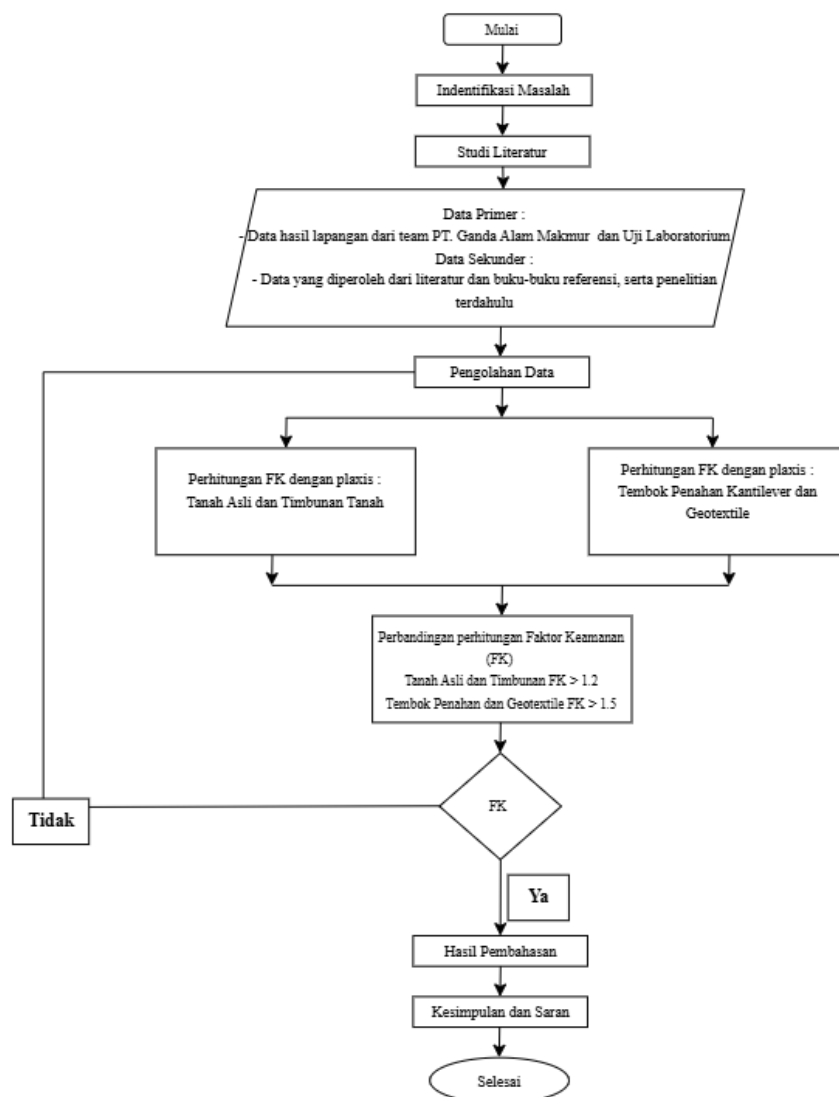
Gambar 1. Pembangunan Dinding Penahan Tipping

Data yang diperoleh dari peninjauan selama pekerjaan berlangsung sampai dengan retensi proyek di area lokasi pekerjaan. Data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Proyek

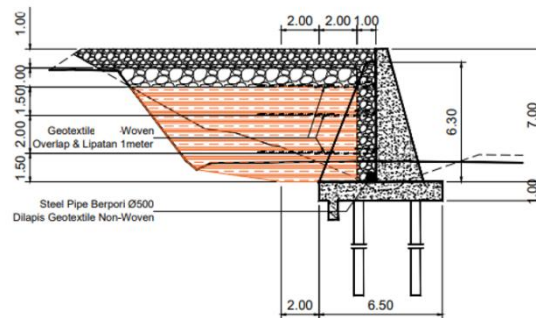
Nama Proyek	Pembangunan Dinding Penahan Tipping
Lokasi Proyek	Area Tipping di PT. Ganda Alam Makmur Desa Sempayau, Kec. Sangkulirang, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur
Panjang Dinding Penahan Kantilever	STA 0+000 - STA 0+070
Fungsi Bangunan	Dumping Double Trailer (Batu Bara)

Data yang digunakan dalam analisis terdiri dari tim Engineering Kontruksi PT. Ganda Alam Makmur dan hasil uji laboratorium. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data, serta pengolahan data. Pembahasan penelitian ini difokuskan pada analisis Faktor Keamanan (FK) dengan menggunakan aplikasi Plaxis versi 8.6. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



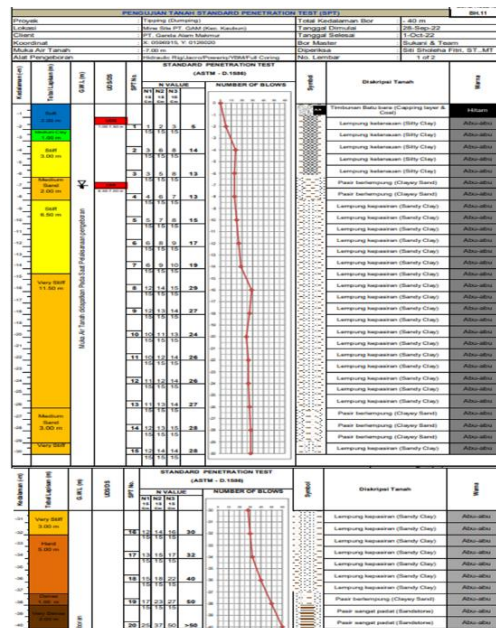
Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

Program yang digunakan untuk melakukan analisis ini adalah menggunakan software Plaxis versi 8.6. Software Plaxis adalah sebuah program yang dapat digunakan untuk melakukan analisis geoteknik, terutama analisis stabilitas tanah menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis hingga mendekati perilaku sebenarnya.



Gambar 3. Cross Section Dinding Penahan Tipping

Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil penyelidikan lapangan berupa *Standard Penetration Test* (SPT). Parameter tanah ditentukan berdasarkan hasil korelasi SPT dan klasifikasi jenis tanah di lokasi penelitian. Selengkapnya mengenai parameter tanah dan material yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada Tabel 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8.

Gambar 4. *Standard Penetration Test* (SPT) Lapangan

Tabel 2. Parameter Tanah Dasar

Kedalaman m	Jenis Tanah m	Nilai N m	Model	γ unsat kN/m ³	γ sat kN/m ³	E kN/m ³	n
0	Capping Layer	-	-	-	-	-	-
2	Silty Clay	5	MC	15.5	18.5	850	0.33
3	Silty Clay	10	MC	16	19.5	1.700	0.33
6	Silty Clay	13.5	MC	16.5	20.5	2.295	0.33

Kedalaman m	Jenis Tanah m	Nilai N m	Model	γ unsat kN/m ³	γ sat kN/m ³	E kN/m ³	n
8	Clayey Sand	13	MC	16.5	20.5	6.500	0.3
14.5	Sandy Clay	17	MC	16.5	20	8.500	0.25
26	Sandy Clay	26.5	MC	17	20.5	13.250	0.25
29	Clayey Sand	28	MC	17.5	21.5	14.000	0.3
32	Sandy Clay	29	MC	17	20.5	14.500	0.25
37	Sandy Clay	36	MC	17	20.5	18.000	0.25
38	Clayey Sand	50	MC	17.5	21.5	25.000	0.3
40	Sandstone	50	MC	19.5	21.5	50.000	0.25

Sumber: Hasil Korelasi SPT dan Klasifikasi Jenis Tanah

Tabel 3. Parameter Tanah Dasar

Kedalaman m	Jenis Tanah m	Nilai N m	Model	Kohesi (c) kN/m ²	Sudut Geser (ϕ) (°) kN/m ²	kx m/hari	ky m/hari
0	Capping Layer	-	-	-	-	-	-
2	Silty Clay	5	MC	3.35	29.5	0.000273	0.000273
3	Silty Clay	10	MC	6.7	31.25	0.000273	0.000273
6	Silty Clay	13.5	MC	9.045	32.48	0.000273	0.000273
8	Clayey Sand	13	MC	8.71	33.96	0.017300	0.004320
14.5	Sandy Clay	17	MC	11.39	35.97	0.017300	0.004320
26	Sandy Clay	26.5	MC	17.755	33.64	0.017300	0.004320
29	Clayey Sand	28	MC	18.76	33.74	0.017300	0.004320
32	Sandy Clay	29	MC	19.43	33.81	0.017300	0.004320
37	Sandy Clay	36	MC	24.12	34.24	0.017300	0.004320
38	Clayey Sand	50	MC	33.5	35	0.017300	0.004320
40	Sandstone	50	MC	33.5	45	0.17300	0.04320

Sumber: Hasil Korelasi SPT dan Klasifikasi Jenis Tanah

Tabel 4. Parameter Tanah Timbunan

Nama	Satuan	Tanah Timbunan
Model	-	Mohr-Coulomb
Jenis	-	Granular Soil
γ unsat	kN/m ³	17.66
γ sat	kN/m ³	19.62
E	kN/m ²	10.000
μ	-	0.3
Kohesi (c)	kN/m ²	5
Sudut Geser (ϕ)	kN/m ²	30
kx	m/hari	86.4
ky	m/hari	86.4

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tanah

Tabel 5. Parameter Tanah Lereng

Nama	Satuan	Tanah Lereng
Model	-	Mohr-Coulomb
Jenis	-	Clay, High Plasticity
γ unsat	kN/m ³	14
γ sat	kN/m ³	18.5
E	kN/m ²	9.000
μ	-	0.3

Nama	Satuan	Tanah Lereng
Kohesi (c)	kN/m ²	18.93
Sudut Geser (ϕ)	m/m ²	18.25
kx	m/hari	0.000000328
ky	m/hari	0.000000328

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tanah

Tabel 6. Data Spesifikasi Geotextile Woven

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ijin	Ta	25	kN/m
Regangan	ε	0.25	-
Kekuatan Normal	EA	26.500	kN/m

Sumber: Insindo Geosynthetics

Tabel 7. Data Spesifikasi Dinding Penahan Tanah

Jenis DPT	Nilai	Satuan
Mutu Beton f'c	24.9 (K 300)	Mpa
Berat Volume γ_c	24	kN/m ³

Sumber: Data Proyek Pekerjaan Dinding Penahan Tipping

Tabel 8. Bore Pile Diameter 0.5m

Parameter	Nilai	Satuan
γ	24	kN/m ³
w	12	kN/m ²
D	0.5	m
d eq	0.25	m
A	0.25	m ²
I	0.00130083	m ⁴
E	30459481.283	kN/m ²
EA	7614870.321	kN/m
EI	39660.783	kN m ²
v	0.25	m

Sumber: Data Proyek Pekerjaan Dinding Penahan Tipping

Data pembebanan didasarkan pada kondisi lapangan di PT. GANDA ALAM MAKMUR untuk proyek Pembangunan Dinding Penahan Tipping. Fasilitas ini berfungsi menampung penimbunan batu bara yang diangkut dengan kendaraan double trailer berkapasitas kurang lebih 300 ton dan panjang kendaraan 26 m. Hasil analisis menunjukkan pembebanan terbagi merata pada struktur dinding penahan dapat dilihat pada Table 9.

Tabel 9. Data Pembebanan

Nama	Nilai	Satuan
Berat Muatan	300	Ton
	300.000	kg
F (gaya total)	2.943	kN
Panjang	26	m
Lebar Timbunan	13	m
Area	338	m ²
Tekanan	8.707	kN/m ²

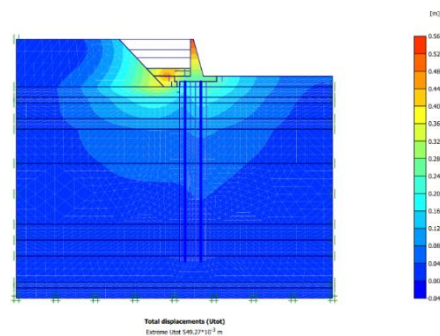
Sumber: Hasil Data Pembebanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

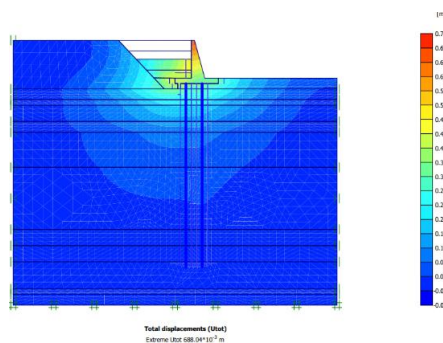
Bagian hasil dan pembahasan ini secara langsung berkorelasi dengan tujuan penelitian yang telah diformulasikan, yaitu mengevaluasi efektivitas kombinasi dinding penahan kantilever dan geotextile woven dalam meningkatkan faktor keamanan dan mengendalikan deformasi timbunan tanah. Analisis dilakukan secara sistematis melalui tiga skenario: (1) stabilitas dinding penahan kantilever tanpa perkuatan geotextile sebagai baseline, (2) stabilitas dengan variasi lapisan geotextile untuk mengidentifikasi konfigurasi optimal, dan (3) validasi kinerja sistem di bawah pembebanan operasional aktual. Setiap skenario dievaluasi berdasarkan dua parameter kritis: faktor keamanan (M_{sf}) dan penurunan total (U_{total}), yang merupakan indikator fundamental dalam desain geoteknik sesuai SNI 8460:2017.

Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever

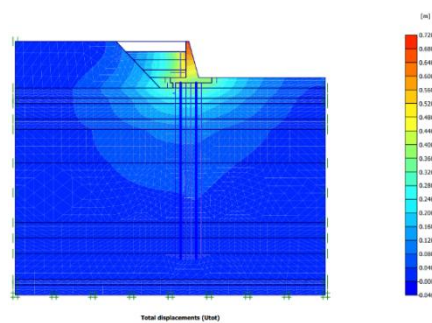
Analisis stabilitas timbunan tanah menggunakan Dinding Penahan Tanah Kantilever pada Pembangunan Dinding Penahan Tipping di PT. GANDA ALAM MAKMUR dilakukan dengan program Plaxis 8.6.



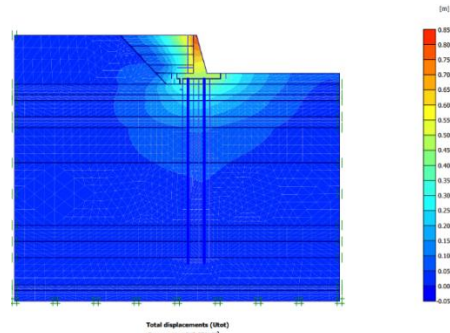
Gambar 5. Area Kritis Total Displacement dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever pada timbunan (1,5 m)



Gambar 6. Area Kritis Total Displacement dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever pada timbunan (3,5 m)



Gambar 7. Area Kritis Total Displacement dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever pada timbunan (5 m)

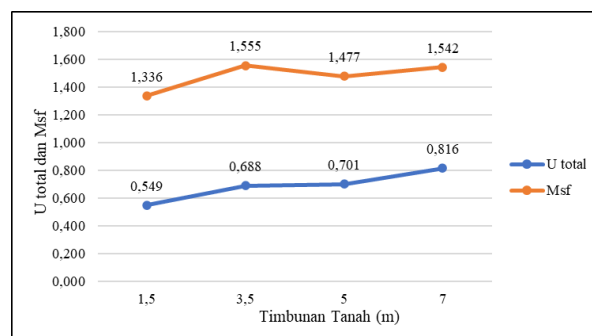


Gambar 8. Area Kritis Total Displacement dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever pada timbunan (7 m)

Tabel 12. Rekapitulasi Nilai Hasil Penurunan Total (U_{total}) dan Faktor Keamanan (Msf) Timbunan Tanah dengan Perkuatan Dinding Penahan

Timbunan Tanah (m)	Penurunan Total U_{total} (m)	Faktor Keamanan Msf
1.5	0.549	1.336
3.5	0.688	1.585
5	0.701	1.477
7	0.816	1.542

Dari hasil analisis stabilitas timbunan dengan Dinding Penahan Kantilever, dapat disimpulkan bahwa nilai penurunan total (U_{total}) untuk timbunan setinggi 7 m sebesar 0,816 m, sedangkan pada timbunan 1,5 m sebesar 0,549 m. Besarnya penurunan ini membuktikan bahwa semakin tinggi pembebanan, penurunan tanah semakin bertambah. Zona kritis pada struktur dinding penahan dapat dilihat pada hasil analisis Plaxis seperti yang ditampilkan pada gambar 5, 6, 7, dan 8, yang menunjukkan area sangat berpotensi mengalami penurunan maksimal.



Gambar 9. Grafik Penurunan U_{total} dan Faktor Keamanan Msf menggunakan Plaxis 2D Versi 8.6

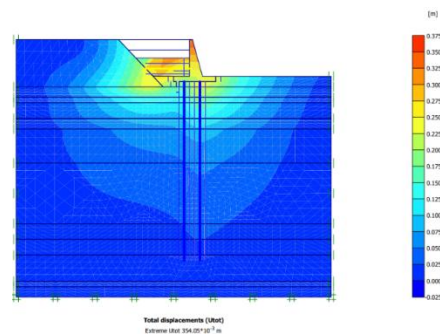
Dari hasil perhitungan pada gambar 8 dengan menggunakan plaxis 2D Versi 8.6. Dinding penahan kantilever dalam menahan timbunan tanah dengan berbagai ketinggian. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan diperoleh pada ketinggian 3,5 m sebesar 1,555 (tertinggi), sedangkan pada ketinggian 7 m diperoleh nilai 1,542. Kedua nilai ini melampaui persyaratan minimum SNI 8460-2017 yaitu 1,50, membuktikan bahwa struktur memiliki stabilitas yang aman.

Meskipun faktor keamanan mengalami penurunan dari 1,555 menjadi 1,542 seiring pertambahan tinggi timbunan, penurunan ini masih berada dalam batas yang dapat diterima.

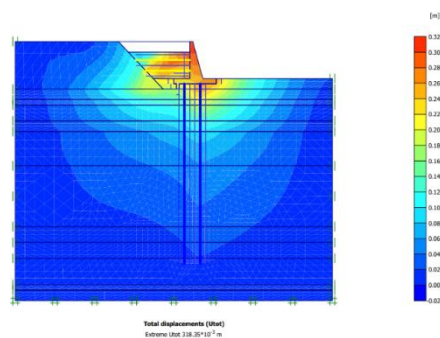
Dan hal ini mengindikasikan bahwa desain dinding penahan kantilever telah mempertimbangkan distribusi beban secara proporsional terhadap peningkatan ketinggian timbunan. Dengan demikian, dinding penahan kantilever dapat dinyatakan aman.

1. Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever dengan *Geotextile Woven*

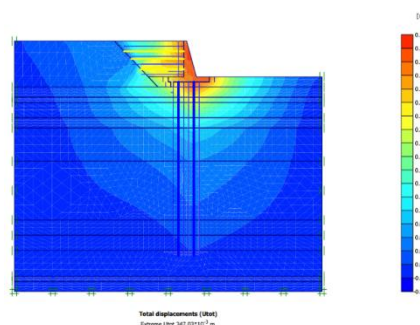
Analisis stabilitas timbunan tanah menggunakan Dinding Penahan Tanah Kantilever dan Geotextile sebagai material perkuatan pada Pembangunan Dinding Penahan Tipping di PT. GANDA ALAM MAKMUR dilakukan dengan program Plaxis 8.6.



Gambar 10. Area Kritis Total Displacement Dinding Penahan Tanah dengan *Geotextile* 1 Lapisan pada Timbunan Tanah



Gambar 11. Area Kritis Total Displacement Dinding Penahan Tanah dengan *Geotextile* 2 Lapisan pada Timbunan Tanah

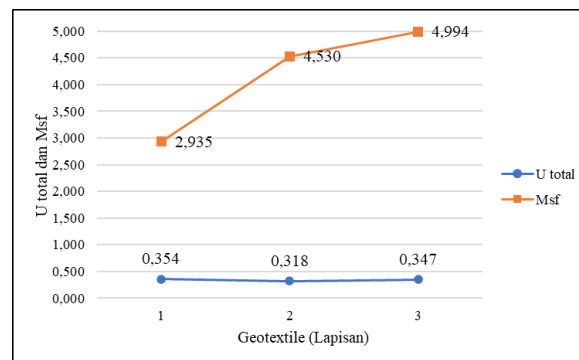


Gambar 12. Area Kritis Total Displacement Dinding Penahan Tanah dengan *Geotextile* 3 Lapisan pada Timbunan Tanah

Tabel 13. Rekapitulasi Nilai Hasil Penurunan Total (U_{total}) dan Faktor Keamanan (Msf) Timbunan Tanah dengan Perkuatan Dinding Penahan dan Geotextile

Geotextile Woven Lapisan	Penurunan Total U_{total} (m)	Faktor Keamanan Msf
1	0.354	2.935
2	0.318	4.530
3	0.347	4.994

Dari hasil analisis stabilitas timbunan dengan Dinding Penahan Kantilever yang diperkuat menggunakan Geotextile Woven, dapat disimpulkan bahwa penggunaan geotextile memberikan kontrol deformasi yang sangat baik pada struktur. Data hasil analisis menunjukkan nilai penurunan total (U_{total}) untuk konfigurasi 1 lapisan pada timbunan dengan tinggi 3,5 m sebesar 0,354 m, konfigurasi 2 lapisan pada tinggi 5,0 m sebesar 0,318 m, dan konfigurasi 3 lapisan dengan tinggi 7 m sebesar 0,347 m. Rentang penurunan total yang berkisar antara 0,318 m hingga 0,354 m menunjukkan bahwa struktur dinding penahan mengalami deformasi yang sangat terkontrol dan masih berada jauh di bawah batas toleransi yang dapat diterima. Zona kritis pada struktur dinding penahan dan Geotextile dapat dilihat pada hasil analisis Plaxis seperti yang ditampilkan pada gambar 10, 11, dan 12, yang menunjukkan area sangat berpotensi mengalami penurunan maksimal.

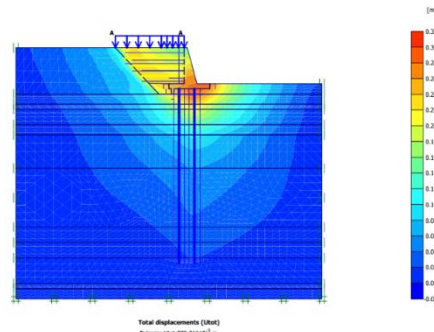
Gambar 13. Grafik Penurunan U_{total} dan Faktor Keamanan Msf menggunakan Plaxis 2D Versi 8.6

Dari hasil perhitungan pada gambar 13 dengan menggunakan plaxis 2D Versi 8.6. Dinding Penahan Kantilever dan Geotextile dalam menahan timbunan tanah. Menunjukkan hasil konfigurasi dengan 1 lapisan geotextile menghasilkan faktor keamanan $Msf = 2,935$, konfigurasi dengan 2 lapisan menghasilkan $Msf = 4,530$, dan konfigurasi dengan 3 lapisan menghasilkan $Msf = 4,994$. Seluruh nilai faktor keamanan yang diperoleh jauh melampaui persyaratan minimum yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, yang menetapkan faktor keamanan minimal sebesar 1,5 untuk kondisi statis jangka panjang pada struktur dinding penahan dan geotextile pada timbunan tanah. Dengan demikian, struktur dinding penahan kantilever dapat dinyatakan aman.

2. Stabilitas Dinding Penahan Kantilever dan Geotextile Pada Timbunan Tanah Akibat Pembebanan

Analisis stabilitas timbunan tanah menggunakan Dinding Penahan Kantilever yang diperkuat dengan Geotextile akibat pembebanan kendaraan double trailer berkapasitas kurang lebih 300 ton dan panjang kendaraan 26 m berdasarkan kondisi lapangan di PT. GANDA

ALAM MAKMUR untuk proyek Pembangunan Dinding Penahan Tipping dilakukan dengan program Plaxis 8.6.



Gambar 14. Area Kritis Total Displacement Dinding Penahan Tanah dan Geotextile 3 Lapisan Akibat Beban Kendaraan

Analisis stabilitas timbunan tanah dengan Dinding Penahan Kantilever yang diperkuat Geotextile menggunakan program Plaxis 8.6 menunjukkan nilai penurunan total (U_{total}) sebesar 0,306 m akibat pembebanan kendaraan double trailer berkapasitas 300 ton dengan panjang 26 m, yang tergolong sangat kecil, terkontrol, dan dalam kategori *acceptable settlement* menurut Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017 untuk kondisi pembebanan operasional yang relatif berat. Penurunan ini mengindikasikan bahwa sistem Dinding Penahan Kantilever dengan perkuatan Geotextile Woven mampu mengefektifkan mekanisme-mekanisme stabilisasi secara optimal, meliputi distribusi beban lateral yang merata, penyerapan tegangan tarik melalui *tensile reinforcement*, konfinemen tanah oleh lapisan geotextile, dan reduksi *stress concentration* pada zona-zona kritis struktur, yang konsisten dengan Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017.

Analisis struktural menghasilkan faktor keamanan (Msf) sebesar 3,143, sebuah nilai yang merepresentasikan rasio kapasitas resistansi struktur terhadap beban geser (*shear driving forces*) yang bekerja akibat pembebanan kendaraan double trailer. Nilai $Msf = 3,143$ menunjukkan bahwa struktur Dinding Penahan Kantilever dengan perkuatan Geotextile memiliki margin safety yang sangat baik dalam menanggapi kondisi pembebanan operasional yang ada. Perbandingan dengan Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017 menunjukkan bahwa faktor keamanan minimum yang dipersyaratkan untuk stabilitas dinding penahan dengan kondisi jangka panjang adalah 1,5; dengan demikian, struktur ini memberikan nilai keselamatan melebihi persyaratan dan memberikan *confidence level* yang sangat baik terhadap performa struktural jangka panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis stabilitas Timbunan Tanah dengan Perkuatan Dinding Penahan dan Geotextile pada Pembangunan Dinding Penahan Tipping di PT. GANDA ALAM MAKMUR, didapatkan beberapa kesimpulan bahwa Penggunaan kombinasi dinding penahan kantilever dan geotextile woven memberikan peningkatan substansial pada faktor keamanan (Msf) struktur. Pada analisis dengan dinding penahan kantilever tanpa perkuatan geotextile, faktor keamanan pada ketinggian timbunan 3,5 m mencapai nilai 1,555, sedangkan pada ketinggian 7 m diperoleh nilai 1,542. Meskipun kedua nilai ini memenuhi persyaratan minimum SNI 8460:2017 ($Msf \geq 1,5$), pemasangan geotextile menghasilkan peningkatan faktor keamanan yang jauh lebih signifikan. Dengan konfigurasi 1 lapisan geotextile, faktor keamanan mencapai $Msf = 2,935$, konfigurasi 2 lapisan menghasilkan $Msf = 4,530$, dan konfigurasi 3 lapisan menghasilkan $Msf = 4,994$. Peningkatan ini menunjukkan bahwa geotextile secara efektif meningkatkan kapasitas resistansi struktur terhadap gaya geser yang bekerja, dengan nilai keselamatan yang jauh melampaui standar yang ditetapkan. Mekanisme

peningkatan ini terjadi melalui peran geotextile dalam menahan tegangan tarik, mendistribusikan beban secara merata pada lapisan tanah, melakukan konfinemen terhadap tanah, dan mengurangi konsentrasi tegangan pada zona-zona kritis struktur. Analisis komparatif menunjukkan bahwa pemasangan geotextile menghasilkan peningkatan faktor keamanan pada konfigurasi 1 lapisan (dari 1,555 menjadi 2,935), meningkat pada 2 lapisan ($M_{sf} = 4,530$), dan mencapai peningkatan pada 3 lapisan ($M_{sf} = 4,994$) relatif terhadap struktur tanpa geotextile. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa setiap lapisan geotextile memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kuat geser dan kemampuan distribusi beban struktur. Selain itu, penurunan total (U_{total}) pada struktur dengan geotextile berkisar antara 0,318 m hingga 0,354 m, menunjukkan bahwa deformasi tetap terkontrol dan signifikan lebih rendah dibandingkan dengan struktur tanpa perkuatan. Hal ini membuktikan bahwa geotextile tidak hanya meningkatkan faktor keamanan, tetapi juga mengendalikan deformasi struktur secara optimal, menciptakan sistem yang lebih stabil dan aman dalam jangka panjang. Pemasangan geotextile memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap penurunan tanah dasar di bawah timbunan. Pada struktur dengan dinding penahan kantilever tanpa geotextile, penurunan total mencapai 0,81587 m pada ketinggian timbunan 7 m. Sebaliknya, dengan pemasangan geotextile 3 lapisan pada ketinggian timbunan yang sama, penurunan total berkurang menjadi 0,347 m. Hal ini menunjukkan bahwa geotextile secara efektif mendistribusikan beban ke area yang lebih luas, mengurangi konsentrasi tegangan pada tanah dasar, dan meningkatkan konfinemen lapisan tanah sehingga mengurangi deformasi vertikal.

Pada kondisi pembebanan operasional dengan kendaraan double trailer berkapasitas 300 ton, nilai penurunan total sebesar 0,306 m tergolong dalam kategori *acceptable settlement* menurut SNI 8460:2017, menunjukkan bahwa sistem perkuatan mampu menangani beban dinamis yang signifikan tanpa mengalami deformasi berlebih. Dengan faktor keamanan $M_{sf} = 3,143$. Hal ini menunjukkan bahwa sistem Dinding Penahan Kantilever dengan perkuatan Geotextile Woven menciptakan stabilitas komprehensif yang meliputi aspek ketahanan struktural, kontrol deformasi, dan kapasitas menahan beban operasional.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017 – Persyaratan perancangan geoteknik. Kementerian PUPR.
- Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2), Seksi 3.5 Geotekstil. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Fahmi, M. (2020). Analisis stabilitas timbunan.
- Geosintetik Indonesia. (2023). Fungsi geotextile sebagai pemisah dan penerapan di konstruksi. <https://geosintetikindonesia.com>
- Hamdani, A. T. (2019). Analisis stabilitas timbunan jalan di atas tanah lunak dengan perkuatan sheet pile dan geotekstil (studi kasus: Jalan Tol Balikpapan–Samarinda). Universitas Islam Indonesia.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). Mekanika tanah 1 dan 2. Gadjah Mada University Press.
- LELONO, Fajar Nugroho Gusti. (2022). Analisis stabilitas timbunan tanah menggunakan perkuatan geotekstil dengan program Geostudio 2012 (Studi Kasus: Jalan Tol Balikpapan–Samarinda Sta. 2+300).
- Muhtadi, M. Zaky Zaim, Naufal, Muhammad Mirza, Pujianto, Pujianto, & Hamdani, Chalidia Nurin. (2025). Optimalisasi desain sistem photovoltaic untuk elektrifikasi sumur minyak terpencil menggunakan PVsyst. Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, 12 (1), 1–6.
- Plaxis. (1998). Plaxis 2D version: Manual book. A.A. Balkema, Rotterdam.

- Polawan, Syamsidar Sutan Malim, & Alam, Fajar. (2019). Memahami bencana banjir dan longsor. RV Pustaka Horizon.
- Rachman, Muzacky. (2024). Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan metode keseimbangan batas dan metode elemen hingga. Universitas Islam Indonesia.
- Rizqullah, P. G., & Yelvi, Y. (2022). Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil (studi kasus: Jalan Tol Cibitung–Cilincing). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta. <https://doi.org/10.21009/jnts2022.v1i1.015>
- Romadhoni, D. A. (2024). Analisis stabilitas timbunan tanah dengan perkuatan geotekstil menggunakan software Plaxis. Tugas Akhir, Universitas Veteran Bangun Nusantara.
- Siahay, Margie Civitaria, Ahmad, Siti Nurjanah, Gusty, Sri, Supacua, Helen Adry Irene, Ampangallo, Bastian Artanto, Rachman, Ranno Marlany, Latupeirissa, Josefine Ernestine, & Maitimu, Anthoneta. (2023). Pembangunan infrastruktur di Indonesia. Tohar Media.
- Silaban, M. E., & Pratama. (2025). Analisis faktor keamanan lereng terhadap longsoran jalan Trikora dengan penanganan dinding penahan tanah. Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan.
- Simbolon, R., et al. (2024). Pengaruh penggunaan geotekstil terhadap nilai faktor keamanan lereng pada konstruksi dinding penahan tanah. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Mulawarman.
- Suryanto, Rahmat. (2022). *Rekonstruksi regulasi corporate sosial responsibility pada wilayah sekitar perusahaan berbasis nilai keadilan*. Universitas Islam Sultan Agung.
- Yunus, Ahmad Yauri, Ahmad, Siti Nurjanah, Latief, Rudi, Mulfiyanti, Dewi, Badrun, Burhanuddin, Syarif, Muhammad, Rachman, Ranno Marlany, Sya'ban, Abdul Rahim, Wulansari, Indriaty, & Aryadi, Armin. (2024). *Bencana alam dan manajemen risiko bencana*. Tohar Media.