



Analisis Respons Tegangan Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Lateral dan Hidrostatik

Dendi Choirulloha^a, Ahmad Herison^{b*}, Aminudin Syah^b, Yuda Romdania^b, Kasri Patakom^c, Tegar Setyanugraha^c

^a Mahasiswa Sarjana Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^b Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^c Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

HIGHLIGHTS

- Analisis tegangan dilakukan dengan pendekatan numerik menggunakan SAP2000
- Tegangan meningkat seiring bertambahnya tinggi struktur
- Grafik hubungan tegangan–tinggi digunakan sebagai alat bantu desain cepat.

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima : 21-01-2026

Direvisi : 22-03-2026

Disetujui : 30-04-2026

Kata kunci:

dinding penahan tanah, tegangan, tekanan lateral, hidrostatik, SAP2000, stabilitas

ABSTRAK

Dinding penahan tanah merupakan struktur yang berfungsi menahan tekanan lateral tanah serta tekanan air yang berpotensi mengganggu stabilitas konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi batas faktor keamanan struktur terhadap beban horizontal dengan mempertimbangkan mutu material beton yang digunakan. Metode yang diterapkan berupa analisis numerik menggunakan perangkat lunak untuk memodelkan distribusi tegangan akibat tekanan tanah lateral dan tekanan hidrostatik. Beban tersebut diaplikasikan pada model struktur, kemudian hasil tegangan disajikan dalam bentuk grafik dan dibandingkan dengan tegangan izin material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan tarik meningkat seiring bertambahnya ketinggian struktur, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) antara 0,98 hingga 0,99. Tegangan tarik maksimum sebesar 15264,34 kN/m² terjadi akibat tekanan tanah lateral, sedangkan tegangan minimum sebesar 4027,65 kN/m² terjadi pada kombinasi tekanan tanah lateral dan hidrostatik pada ketinggian 13 m. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa mutu beton K-500 mampu menahan tekanan tanah lateral hingga ketinggian 8 m, namun masih aman hingga 17 m untuk kombinasi beban. Grafik hubungan tegangan dan tinggi struktur dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam menentukan mutu material secara cepat dan efisien dalam perencanaan.

© 2026 The Author(s). Published by Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Lampung

1. Pendahuluan

Dinding penahan tanah merupakan salah satu struktur geoteknik yang berfungsi menahan tekanan lateral dari tanah urug maupun tanah asli yang tidak stabil, serta mengakomodasi pengaruh tekanan air pada kondisi tertentu [1] [2] [3] [4]. Keberadaan struktur ini sangat krusial dalam berbagai pekerjaan infrastruktur, seperti pembangunan jalan raya, jembatan, tanggul, dan revetment, yang memerlukan kestabilan lereng dan perlindungan terhadap longsoran [5] [6] [7].

* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: ahmad.herison@eng.unila.ac.id (A. Herison).

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

DOI: <https://doi.org/10.23960/rekrijits.v30i1.150>

Secara teoritis, tekanan tanah lateral terdiri dari tekanan aktif dan tekanan pasif. Tekanan aktif terjadi ketika dinding mengalami pergerakan menjauhi tanah sehingga tanah di belakangnya memberikan gaya dorong, sedangkan tekanan pasif muncul sebagai reaksi tanah dalam menahan pergerakan dinding tersebut [1] [8]. Selain itu, tekanan hidrostatik yang berasal dari air tanah juga memberikan kontribusi signifikan terhadap beban yang bekerja pada struktur, terutama pada kondisi jenuh atau dekat dengan muka air tanah [9]. Kombinasi antara tekanan tanah dan tekanan air menghasilkan kondisi pembebanan yang kompleks, sehingga diperlukan analisis yang komprehensif untuk memastikan stabilitas jangka panjang struktur [3] [10] [11].

Dalam praktik perencanaan, interaksi antara tanah dan struktur tidak hanya dipengaruhi oleh parameter tanah, tetapi juga oleh kondisi batas, geometri struktur, serta sifat

material yang digunakan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa distribusi tekanan tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dan deformasi struktur [12]. Selain itu, pendekatan numerik berbasis metode elemen hingga telah banyak digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap distribusi tegangan dan deformasi pada dinding penahan tanah [13] [14]. Studi lain juga mengungkapkan bahwa variasi tinggi struktur dan kombinasi pembebanan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan tegangan internal serta potensi kegagalan struktur [15].

Respons struktur dinding penahan tanah terhadap beban eksternal merupakan aspek penting yang harus dikaji secara mendalam untuk menjamin keamanan konstruksi [16]. Struktur ini menghasilkan distribusi tegangan yang berbeda-beda tergantung pada jenis dan kombinasi beban yang bekerja. Semakin besar tegangan yang terjadi, maka diperlukan mutu material yang lebih tinggi agar struktur tetap berada dalam kondisi aman. Meskipun berbagai penelitian telah membahas stabilitas dinding penahan tanah, kajian yang mengaitkan secara langsung antara distribusi tegangan dengan mutu material pada berbagai ketinggian masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan kebaruan (novelty) berupa analisis hubungan antara tegangan yang terjadi dengan batas kemampuan material pada variasi ketinggian struktur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis batas faktor keamanan (safety factor) pada struktur dinding penahan tanah akibat beban horizontal dengan mempertimbangkan mutu bahan yang digunakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai respons struktur terhadap beban eksternal, serta menjadi acuan dalam menentukan spesifikasi material yang optimal dan efisien dalam perencanaan dinding penahan tanah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Objek dan Alat Penelitian

Objek utama dalam penelitian ini adalah struktur dinding penahan tanah tipe kantilever yang dimodelkan dengan variasi ketinggian antara 3 hingga 13 meter. Pemilihan tipe kantilever didasarkan pada pertimbangan efisiensi material serta kemampuannya dalam menahan tekanan lateral tanah secara optimal dibandingkan tipe lainnya, sehingga banyak digunakan dalam praktik rekayasa sipil [18]. Selain itu, tipe ini memiliki karakteristik distribusi gaya yang jelas, sehingga cocok untuk dianalisis secara numerik dalam studi tegangan struktur.

Struktur yang dimodelkan diasumsikan menerima pembebanan horizontal yang terdiri dari tekanan tanah lateral, tekanan hidrostatik, serta kombinasi keduanya. Pendekatan ini bertujuan untuk merepresentasikan kondisi nyata di lapangan, di mana dinding penahan tanah sering mengalami interaksi simultan antara tekanan tanah dan tekanan air.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan kombinasi beberapa perangkat lunak teknik yang saling terintegrasi. Microsoft Excel digunakan untuk pengolahan data numerik dan penyusunan grafik, AutoCAD dimanfaatkan untuk pembuatan model geometrik struktur secara presisi, sedangkan SAP2000 digunakan sebagai perangkat utama dalam analisis struktur berbasis metode elemen hingga. Melalui SAP2000, dapat diperoleh hasil berupa distribusi tegangan tarik dan tekan secara detail pada setiap bagian struktur, sehingga memungkinkan

analisis yang lebih komprehensif terhadap respons struktur akibat pembebanan.

2.2 Data Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari studi sebelumnya guna meningkatkan keandalan hasil analisis. Data yang digunakan meliputi parameter sifat tanah, berat jenis air, mutu beton, serta variasi tinggi struktur. Data tersebut menjadi dasar dalam perhitungan beban serta perancangan dimensi dinding penahan tanah.

Parameter tanah yang digunakan mengacu pada penelitian terdahulu dengan karakteristik yang relevan terhadap kondisi penelitian ini [17]. Nilai parameter tersebut antara lain berat jenis tanah sebesar 16 kN/m^3 , sudut geser dalam efektif sebesar 30° , serta sudut geser antara tanah dan dinding sebesar 0° . Parameter-parameter ini memiliki peranan penting dalam menentukan besarnya tekanan tanah lateral aktif dan pasif yang bekerja pada struktur.

Berat jenis tanah, (γ_s)	: 16 kN/m^3
Sudut geser dalam efektif, (ϕ_r)	: 30°
Sudut geser pada dinding, (δ_r)	: 0°

Parameter-parameter tanah tersebut digunakan dalam perhitungan tekanan tanah lateral aktif dan pasif. Sudut geser dalam efektif dan sudut geser pada dinding memiliki pengaruh signifikan terhadap distribusi tekanan tanah dan kapasitas dukung struktur.

2.3 Perhitungan Dimensi Dinding Penahan Tanah

Perhitungan dimensi dinding penahan tanah (DPT) dilakukan dengan mengacu pada standar nasional SNI 8460:2017, yang merupakan pedoman dalam perencanaan geoteknik di Indonesia. Penggunaan standar ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain yang dihasilkan memenuhi kriteria keamanan, stabilitas, dan kinerja struktur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Perhitungan dimensi melibatkan beberapa parameter geometris utama, antara lain tinggi efektif (H), lebar dasar (B), dan tebal dinding (t_b). Parameter-parameter tersebut ditentukan melalui persamaan yang telah ditetapkan dalam standar, dengan mempertimbangkan kondisi pembebanan dan sifat tanah. Perhitungan ini juga memperhatikan aspek stabilitas seperti guling, geser, dan daya dukung tanah, sehingga struktur yang dirancang mampu menahan beban secara aman dan efisien.

Pendekatan ini memberikan dasar yang kuat dalam menentukan dimensi struktur sebelum dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode numerik.

2.4 Perhitungan Beban Eksternal arah Horizontal

Beban eksternal yang bekerja pada dinding penahan tanah dalam penelitian ini terdiri dari tekanan hidrostatik dan tekanan tanah lateral. Tekanan hidrostatik merupakan gaya yang dihasilkan oleh fluida akibat kedalaman tertentu, yang besarnya bergantung pada massa jenis fluida, percepatan gravitasi, dan tinggi kolom air. Tekanan ini dihitung menggunakan persamaan berikut [19]:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1)$$

dimana P = tekanan hidrostatik (Pa), ρ = massa jenis fluida (kg/m^3), g = gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), dan h = ketinggian kolom fluida di atas titik yang ingin diukur (m).

Selain tekanan hidrostatik, dinding penahan tanah juga menerima tekanan tanah lateral yang terdiri dari tekanan aktif dan pasif. Tekanan aktif terjadi ketika dinding bergerak menjauhi tanah, sedangkan tekanan pasif terjadi ketika tanah memberikan perlawanan terhadap pergerakan dinding [1] [20]. Perhitungan tekanan tanah lateral dilakukan menggunakan teori Rankine, dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (2)$$

$$K_P = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad (3)$$

$$Q_A = K_A \cdot \gamma_s \cdot H \quad (4)$$

$$Q_P = K_P \cdot \gamma_s \cdot H \quad (5)$$

dengan K_A = koefisien tanah aktif, K_P = koefisien tanah pasif, Q_A = Tekanan tanah aktif, dan Q_P = Tekanan tanah pasif

Perhitungan ini mempertimbangkan parameter geoteknik tanah, khususnya sudut geser dalam, yang berpengaruh besar terhadap distribusi tekanan dan gaya lateral yang bekerja pada struktur [21] [22]. Kombinasi antara tekanan tanah dan tekanan air digunakan untuk mensimulasikan kondisi pembebanan yang lebih realistis.

2.5 Tahapan Analisis

Tahapan analisis dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis dan terintegrasi, dimulai dari pengumpulan data, perhitungan beban, hingga pemodelan struktur dan interpretasi hasil. Tahap awal dilakukan dengan menghitung besarnya beban yang bekerja pada struktur berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

Selanjutnya, model struktur dibangun menggunakan SAP2000 dengan pendekatan metode elemen hingga. Metode ini dipilih karena mampu memberikan analisis yang lebih detail terhadap distribusi tegangan dan deformasi struktur. Model yang dibuat disesuaikan dengan kondisi lapangan agar hasil yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi nyata.

Pemodelan geometrik dilakukan menggunakan AutoCAD untuk memastikan ketelitian bentuk dan dimensi struktur, kemudian diintegrasikan ke dalam SAP2000 untuk analisis lebih lanjut [23]. Beban yang telah dihitung dimasukkan ke dalam model sebagai beban terdistribusi pada struktur, yang terdiri dari tekanan tanah lateral, tekanan hidrostatik, dan kombinasi keduanya.

Setelah proses analisis dilakukan, hasil berupa tegangan tarik dan tekan diekstraksi dan diolah menggunakan Microsoft Excel. Data tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara tinggi struktur dan tegangan yang terjadi. Grafik ini digunakan untuk mengidentifikasi pola distribusi tegangan serta mengevaluasi kecenderungan perubahan tegangan akibat variasi ketinggian struktur.

Selanjutnya, hasil tegangan dibandingkan dengan nilai tegangan izin dari mutu beton untuk menentukan tingkat keamanan struktur. Proses ini memungkinkan evaluasi langsung terhadap performa struktur pada berbagai kondisi pembebanan. Selain itu, grafik yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alat bantu praktis dalam menentukan mutu material yang sesuai secara cepat dan efisien.

Analisis yang dilakukan tidak hanya berfungsi untuk mengevaluasi keamanan struktur, tetapi juga memberikan kontribusi dalam pengembangan metode perencanaan yang lebih optimal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi perancang dalam

menentukan desain dinding penahan tanah yang aman, ekonomis, dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Dimensi Dinding Penahan Tanah

Hasil perhitungan dimensi dinding penahan tanah tipe kantilever berdasarkan acuan SNI 8460:2017 [24] disajikan pada Tabel 1a dan Tabel 1b. Perhitungan ini mencakup parameter geometris utama dan tambahan yang diperlukan untuk memastikan kestabilan struktur terhadap beban yang bekerja. Ilustrasi bentuk dan komponen struktur ditunjukkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan elemen utama dinding penahan tanah tipe kantilever, yaitu badan dinding vertikal, tumit (heel), serta ujung kaki (toe). Ketiga komponen tersebut berperan penting dalam mendistribusikan beban dan menjaga keseimbangan struktur.

Tabel 1a.

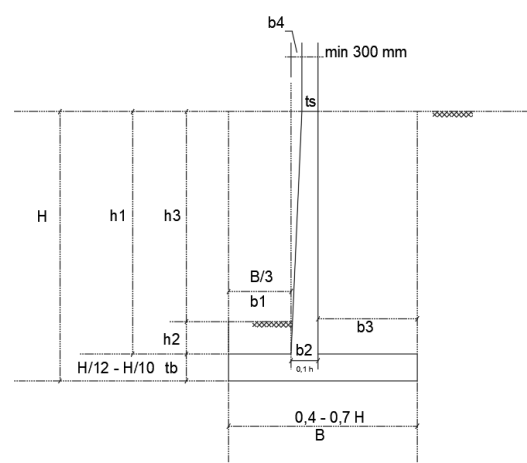
Dimensi utama dinding penahan tanah

H (m)	B (m)	tb (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)
3	2,1	0,3	2,7	0,6	2,1
5	3,5	0,5	4,5	0,6	3,9
7	4,9	0,7	6,3	0,6	5,7
9	6,3	0,9	8,1	0,6	7,5
11	7,7	1,1	9,9	0,6	9,3
13	9,1	1,3	11,7	0,6	11,1

Tabel 1b.

Parameter tambahan dimensi

H (m)	ts (m)	αf (°)	b2 (m)	b1 (m)	b3 (m)	b4 (m)
3	0,3	90,0	0,3	0,7	1,1	0,0
5	0,3	87,5	0,5	1,2	1,8	0,2
7	0,3	86,4	0,7	1,6	2,6	0,4
9	0,3	85,8	0,9	2,1	3,3	0,6
11	0,3	85,4	1,1	2,6	4,0	0,8
13	0,3	85,1	1,3	3,0	4,8	1,0



Gambar 1. Acuan dimensi DPT kantilever SNI 8460:2017

3.2 Perhitungan Beban Eksternal

Hasil perhitungan beban horizontal yang bekerja pada dinding penahan tanah disajikan pada Tabel 2. Perhitungan ini mempertimbangkan berbagai kondisi pembebanan yang

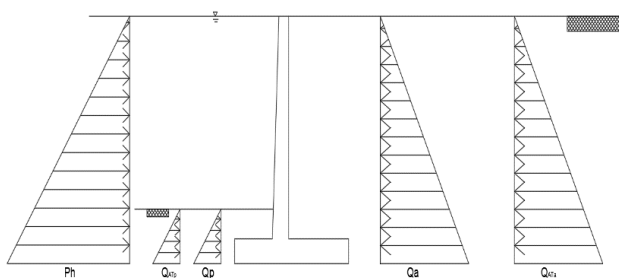
mungkin terjadi selama umur layanan struktur [25]. Seluruh beban dinyatakan dalam satuan kN/m sebagai beban terdistribusi untuk memudahkan proses pemodelan dan analisis numerik.

Nilai beban yang diperoleh kemudian digunakan sebagai input dalam program analisis struktur. Arah pembebanan pada dinding penahan tanah ditampilkan pada Gambar 2, yang membantu dalam memahami distribusi gaya yang bekerja pada struktur. Visualisasi ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai arah dan jenis beban, sehingga mempermudah interpretasi dalam tahap analisis.

Tabel 2

Perhitungan beban eksternal arah horizontal DPT

H (m)	Ph (kN/m)	QA (kN/m)	QP (kN/m)	QATa (kN/m)	QATp (kN/m)
3	20,6	24,0	-69,2	29,4	-8,8
5	47,1	96,0	-83,8	49,1	-10,8
7	79,5	216,0	-101,7	68,7	-12,7
9	105,9	384,0	-120,3	88,3	-14,7
11	126,5	600,0	-139,2	107,9	-16,7
13	153,1	864,0	-158,2	127,5	-18,6



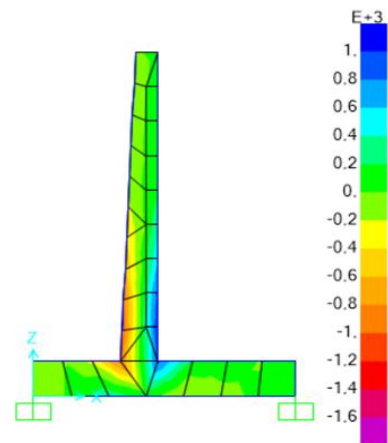
Gambar 2. Pembebanan arah horizontal pada DPT

3.3 Pemodelan Komputer

Pemodelan struktur dilakukan melalui simulasi numerik untuk merepresentasikan perilaku dinding penahan tanah di bawah kondisi pembebanan. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai distribusi tegangan yang terjadi pada struktur. Tahapan pemodelan dilakukan secara sistematis, mulai dari pembuatan model hingga diperolehnya hasil analisis tegangan, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat model baru melalui menu File kemudian memilih New Model, untuk memastikan bahwa analisis dilakukan tanpa dipengaruhi oleh data atau konfigurasi sebelumnya.
2. Mendefinisikan material struktur dengan memilih menu Define → Materials → Add New Material, guna menetapkan sifat mekanik beton seperti kekuatan dan modulus elastisitas secara tepat.
3. Menentukan pola pembebanan (Load Patterns) melalui menu Define → Load Patterns, sehingga berbagai jenis beban dapat dimodelkan sesuai kondisi yang direncanakan.
4. Menyusun skenario pembebanan (Load Cases) melalui menu Define → Load Cases sebagai dasar analisis terhadap masing-masing kondisi beban.
5. Membentuk kombinasi pembebanan (Load Combination) melalui menu Define → Load Combination

- untuk memperoleh kondisi pembebanan yang lebih realistis.
6. Menyusun sistem grid atau koordinat melalui menu Define → Coordinate System/Grid → Modify/Show System guna mempermudah pemodelan geometri secara presisi dan konsisten.
7. Menggambar model dinding penahan tanah sesuai hasil perhitungan menggunakan Draw Poly Area, kemudian melakukan proses meshing untuk meningkatkan ketelitian analisis. Elemen frame juga ditambahkan pada setiap sisi struktur sebagai media distribusi beban.
8. Memberikan kondisi batas berupa tumpuan dengan memilih menu Assign → Joint → Restraints, sesuai asumsi kondisi lapangan.
9. Menginput beban pada elemen struktur melalui menu Assign → Frame Load → Distributed, sehingga beban dapat terdistribusi secara merata.
10. Memasukkan seluruh beban sesuai dengan pola pembebanan yang telah ditentukan sebelumnya.
11. Menjalankan analisis struktur dengan memilih Analyze → Run Analysis → Run Now untuk memperoleh distribusi tegangan berdasarkan metode elemen hingga..



Gambar 3. Hasil analisis tegangan dinding penahan tanah

Setelah proses running selesai, program akan menghasilkan visualisasi distribusi tegangan yang memudahkan identifikasi area-area tegangan dalam struktur. Nilai tegangan tarik dan tekan akibat tekanan tanah lateral disajikan pada Tabel 3. Data tersebut menunjukkan bahwa tegangan meningkat seiring dengan bertambahnya tinggi dinding penahan tanah. Hal ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara ketinggian struktur dan besarnya tegangan yang terjadi.

Selanjutnya, data tersebut diolah menjadi grafik hubungan antara tinggi struktur dan tegangan, yang ditampilkan pada Gambar 4. Grafik ini menggabungkan beberapa kondisi pembebanan dalam satu tampilan dengan perbedaan warna untuk mempermudah analisis. Dengan adanya visualisasi ini, pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi pola distribusi tegangan serta membandingkan pengaruh masing-masing jenis beban.

Analisis grafik dapat dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu metode grafis melalui penarikan garis serta metode matematis menggunakan persamaan polinomial yang diperoleh dari data. Kedua metode tersebut memberikan hasil yang hampir sama, dengan selisih yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa grafik yang

dihasilkan memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam analisis tegangan.

Tabel 3

Tegangan akibat tekanan lateral

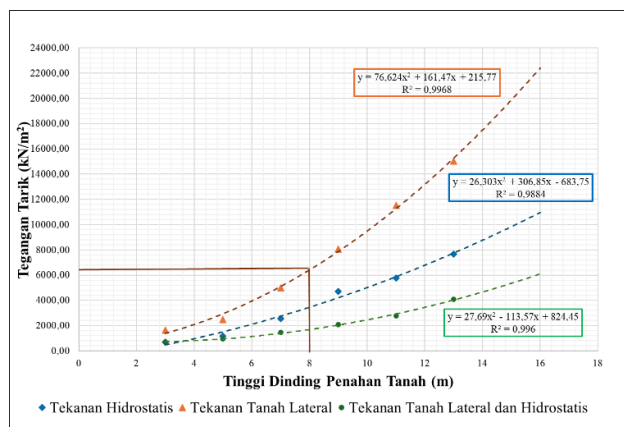
H (m)	Tegangan Tarik (kN/m ²)	Tegangan Tekan (kN/m ²)
3	1663,19	-1222,36
5	2491,52	-2091,87
7	5014,34	-4076,95
9	8083,68	-6553,98
11	11527,91	-8722,73
13	15051,89	-11566,37

3.4 Analisis Data

Nilai tegangan tarik dan tekan akibat tekanan tanah lateral disajikan pada Tabel 3. Data tersebut menunjukkan bahwa tegangan meningkat seiring dengan bertambahnya tinggi dinding penahan tanah. Hal ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara ketinggian struktur dan besarnya tegangan yang terjadi.

Selanjutnya, data tersebut diolah menjadi grafik hubungan antara tinggi struktur dan tegangan, yang ditampilkan pada Gambar 4. Grafik ini menggabungkan beberapa kondisi pembebanan dalam satu tampilan dengan perbedaan warna untuk mempermudah analisis. Dengan adanya visualisasi ini, pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi pola distribusi tegangan serta membandingkan pengaruh masing-masing jenis beban.

Analisis grafik dapat dilakukan menggunakan dua pendekatan, yaitu metode grafis melalui penarikan garis serta metode matematis menggunakan persamaan polinomial yang diperoleh dari data. Kedua metode tersebut memberikan hasil yang hampir sama, dengan selisih yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa grafik yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam analisis tegangan.



Gambar 4. Grafik tegangan terhadap tinggi.

Gambar 4 dapat dimanfaatkan untuk menganalisis distribusi tegangan pada dinding penahan tanah melalui dua pendekatan, yaitu metode grafis dengan penarikan garis serta metode analitik menggunakan persamaan polinomial yang diperoleh dari hasil regresi data. Pendekatan grafis memudahkan dalam mengamati pola penyebaran tegangan secara visual, sedangkan pendekatan matematis

memberikan hasil yang lebih presisi karena didasarkan pada formulasi persamaan yang telah ditentukan.

Sebagai contoh, untuk menentukan tegangan maksimum pada dinding penahan tanah dengan ketinggian 8 m akibat tekanan tanah lateral, langkah pertama adalah mengidentifikasi kurva yang sesuai pada Gambar 4. Selanjutnya dilakukan estimasi nilai tegangan menggunakan metode penarikan garis pada grafik, yang menghasilkan nilai sekitar 6400 kN/m². Alternatif lain adalah menggunakan persamaan polinomial yang diturunkan dari grafik, yang menghasilkan nilai sebesar 6414,47 kN/m². Perbandingan kedua metode menunjukkan selisih yang sangat kecil, yaitu sekitar 0,22%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua pendekatan tersebut memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan dalam menentukan tegangan maksimum pada struktur.

Berdasarkan grafik hasil analisis numerik, nilai tegangan yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan tegangan izin dari berbagai mutu beton untuk mengevaluasi tingkat keamanan struktur. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 4. Untuk mempermudah interpretasi, data pada tabel juga divisualisasikan dalam bentuk grafik, sehingga hubungan antara tegangan dan batas izin material dapat diamati dengan lebih jelas.

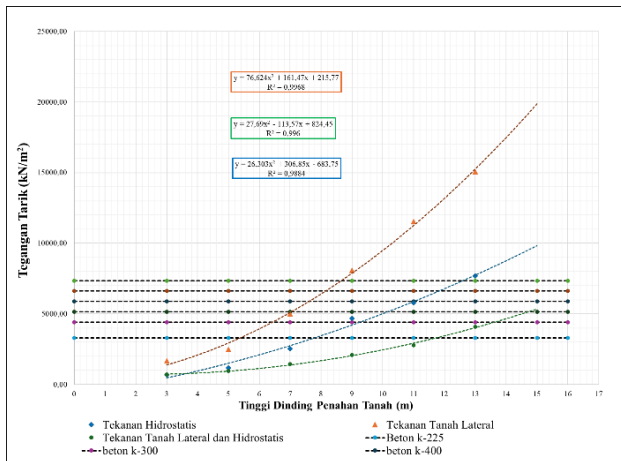
Tabel 4

Validasi tegangan tarik terhadap mutu beton

H (m)	Tegangan (kN/m ²)	K-225	K-300	K-400	K-500
3	1663	OK	OK	OK	OK
5	2492	OK	OK	OK	OK
7	5014	NA	NA	OK	OK
9	8084	NA	NA	NA	NA
11	11528	NA	NA	NA	NA
13	15052	NA	NA	NA	NA

Keterangan: OK = aman; NA = tidak aman. Tegangan izin berturut-turut untuk K-225, K-300, K-400, dan K-500 adalah 3309,74; 4412,9; 5883,99; dan 7354,99 kN/m².

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada ketinggian rendah (3–5 m), seluruh mutu beton masih berada dalam kondisi aman. Namun, pada ketinggian 7 m, mutu beton K-225 dan K-300 sudah tidak memenuhi syarat keamanan, sedangkan K-400 dan K-500 masih aman. Pada ketinggian 9 m hingga 13 m, seluruh mutu beton yang dianalisis berada dalam kondisi tidak aman karena tegangan yang terjadi melebihi batas izin material. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan ketinggian struktur berpengaruh signifikan terhadap kenaikan tegangan, sehingga pemilihan mutu beton menjadi faktor penting dalam menjaga keamanan dinding penahan tanah.



Gambar 5. Grafik validasi tegangan

3.5 Diskusi

Berdasarkan hasil analisis grafik (gambar 5), distribusi tegangan tarik pada dinding penahan tanah menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya ketinggian struktur. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan yang kuat antara tinggi dinding dan besarnya tegangan yang terjadi. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang berada pada kisaran 0,98 hingga 0,99 menunjukkan bahwa model yang digunakan mampu merepresentasikan data dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga dapat diandalkan dalam memprediksi perilaku struktur.

Tegangan tarik horizontal maksimum terjadi akibat tekanan tanah lateral, yaitu sebesar 15264,34 kN/m², sedangkan tegangan minimum terjadi pada kombinasi tekanan tanah lateral dan hidrostatik sebesar 4027,65 kN/m². Hasil ini menunjukkan bahwa jenis pembebanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap distribusi tegangan dalam struktur. Selain itu, tegangan tarik yang bernilai positif cenderung meningkat secara konsisten dengan bertambahnya ketinggian, sehingga semakin tinggi struktur maka semakin besar pula tuntutan terhadap kapasitas material yang digunakan.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa mutu beton K-500 hanya mampu menahan tekanan tanah lateral hingga ketinggian sekitar 8 m. Namun, pada kombinasi beban tanah lateral dan hidrostatik, mutu tersebut masih mampu menahan hingga ketinggian 17 m karena nilai tegangan yang dihasilkan masih berada di bawah batas izin material. Temuan ini menunjukkan bahwa interaksi antara tekanan tanah dan tekanan air dapat mempengaruhi distribusi tegangan secara signifikan. Dengan demikian, penentuan batas ketinggian optimum untuk setiap mutu beton menjadi aspek penting yang dapat digunakan sebagai panduan praktis dalam pemilihan material pada perencanaan dinding penahan tanah.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menganalisis distribusi tegangan pada dinding penahan tanah tipe kantilever akibat pengaruh tekanan tanah lateral, tekanan hidrostatik, dan kombinasi keduanya menggunakan pemodelan numerik SAP2000. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan tinggi

dinding penahan tanah menyebabkan peningkatan tegangan tarik dan tekan secara signifikan. Hubungan antara tinggi struktur dan tegangan yang terjadi memiliki korelasi yang sangat kuat dengan nilai koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0,98–0,99.

Tegangan tarik maksimum akibat tekanan tanah lateral mencapai 15.051,89 kN/m² pada ketinggian 13 m, sedangkan tegangan yang lebih rendah terjadi pada kombinasi tekanan tanah lateral dan hidrostatik. Hasil validasi terhadap tegangan izin berbagai mutu beton menunjukkan bahwa semakin tinggi struktur, semakin besar kebutuhan mutu material untuk menjamin keamanan konstruksi. Beton mutu K-400 dan K-500 masih memenuhi kriteria keamanan hingga ketinggian tertentu, sedangkan pada ketinggian yang lebih besar tegangan yang terjadi telah melampaui batas izin material.

Grafik hubungan antara tinggi dinding dan tegangan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alat bantu praktis dalam memperkirakan kebutuhan mutu beton pada tahap perencanaan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi perencanaan dalam menentukan spesifikasi material yang aman, efisien, dan sesuai dengan kondisi pembebanan pada dinding penahan tanah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hardiyatmo H.C.: Mekanika Tanah 2. Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2018.
- [2] Apriani D.W., Hadid M.: Kriteria desain dinding penahan pada tanah campuran. Wahana Teknik Sipil, 24, 2, 2019, 79–88, DOI:10.32497/wahanats.v24i2.1726.
- [3] Dermawan A., Alimuddin, Fachruddin S.: Analisis stabilitas dinding penahan tanah. Rona Teknik Pertanian, 15, 2, 2022, DOI:10.17969/rtp.v15i2.27778.
- [4] Novianti T.: Perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever. Jurnal Teknik dan Science, 2, 3, 2023, 92–102, DOI:10.56127/jts.v2i3.1181.
- [5] Jaelani A., Amran Y., Gumay H.A.: Analisis dinding penahan tanah underpass. JUMATISI, 1, 2, 2020, 81–91, DOI:10.24127/jumatisi.v1i2.3665.
- [6] Assiddiqy, et al.: Analisis stabilitas dinding penahan tanah saluran irigasi. Jurnal Komposit, 7, 2, 2023, 195–203, DOI:10.32832/komposit.v7i2.8295.
- [7] Hartanto T., Rully: Hilangnya sinergitas masyarakat dengan sungai. Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur, 25, 1, 2020, 41–49, DOI:10.36728/jtsa.v25i2.1074.
- [8] Sahfitri P.I.: Finite element analysis pada dinding penahan tanah. Teknosia, 15, 1, 2021, 7–15, DOI:10.33369/teknosia.v1i1.15331.
- [9] Tamaela L., Suhudi S., Arifianto A.K.: Analisis stabilitas dinding penahan tanah. eUREKA, 2, 2, 2018, 295–301.
- [10] Prawijaya, et al.: Pelaksanaan dinding penahan tanah kantilever. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 4, 1, 2024, 50–61, DOI:10.33557/pengabdian.v4i1.2891.
- [11] Azmi N.A., Ibrahim S.L., Ibrahim I.: Flood vulnerability and adaptation assessment. Planning Malaysia, 21, 5, 2024, 387–401, DOI:10.21837/pm.v21i29.1378.
- [12] Tang L., Cong S., Xing W., Ling X., Geng L., Nie Z., Gan F.: Finite element analysis of lateral earth pressure on sheet pile walls. Engineering Geology, 244,

- 2018, 146–158, DOI:10.1016/j.enggeo.2018.07.030.
- [13] Yang X., Wang J., Liu H.: Passive earth pressure in narrow cohesive–frictional backfills. *Computers and Geotechnics*, 148, 2022, Article 104806, DOI:10.1016/j.compgeo.2022.104806.
- [14] Zhang L., Wang H., Zhao Y.: Numerical simulation of retaining wall behavior. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 132, 2020, Article 106104, DOI:10.1016/j.soildyn.2020.106104.
- [15] Chen W., Xu Q., Liu Z.: Experimental and numerical investigation of retaining wall deformation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13, 5, 2021, 1152–1163, DOI:10.1016/j.jrmge.2021.03.004.
- [16] Nasrudin M., Siswoyo: Perencanaan ulang dinding penahan tanah. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 7, 3, 2019, 227–240, DOI:10.30742/axial.v7i3.779.
- [17] Hakim L., Putra P.P., Nurtanto D.: Perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah. *Bentang*, 9, 2, 2021, 115–128, DOI:10.33558/bentang.v9i2.2864.
- [18] Hayati S., Putra S.A., Halimatusadiyah: Perencanaan Dinding Penahan Tanah Metode Revetment. Thesis, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Dumai, 2024.
- [19] Chanson H., Bung D.B., Matos J.: *Energy Dissipation in Hydraulic Structures*. CRC Press, Boca Raton, 2015.
- [20] Aldo A., Susilo A.J.: Stabilitas dinding penahan tanah dengan ground anchor. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1, 2, 2018, 149–158, DOI:10.24912/jmts.v2i4.6178.
- [21] Ishak, Ruwiyo: Kajian dinding penahan tanah pada tebing sungai. *Rang Teknik Journal*, 1, 2, 2018, 287–294, DOI:10.31869/rtj.v1i2.773.
- [22] Sebastian J., Suhendra A.: Efektivitas dinding penahan tanah. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2, 4, 2019, 203–210, DOI:10.24912/jmts.v2i4.6192.
- [23] Fitriyana L., Arbianto R.: Analisa galian metode elemen hingga. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 24, 2, 2019, 33–37, DOI:10.36728/jtsa.v24i2.979.
- [24] Badan Standardisasi Nasional: SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. BSN, Jakarta, 2017.
- [25] Badan Standardisasi Nasional: SNI 1727:2020 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. BSN, Jakarta, 2020..