

Perbandingan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Bronjong dengan Tipe Kantilever di Kabupaten Probolinggo

Muhammad Iqbal Yefa Imam Haryono¹, Dian Purnamawati Solin^{2*}, Himatul Farichah³

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur^{1,2,3}

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Dinding Penahan Tanah, Bronjong, Kantilever, Stabilitas Lereng, Faktor Keamanan.

***Correspondence email:**

diansolin.ts@upnjatim.ac.id

Submitted: 24-07-2025

Revised: 27-07-2025

Accepted: 27-07-2025

Published: 05-08-2025

ABSTRAK

Dinding penahan tanah (DPT) merupakan elemen struktur penting dalam rekayasa geoteknik yang berfungsi menahan tekanan lateral tanah, terutama pada area dengan perbedaan elevasi atau kemiringan yang berisiko longsor. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan stabilitas dua jenis DPT, yaitu DPT bronjong dan DPT kantilever, berdasarkan faktor keamanan gaya guling, gaya geser, dan daya dukung tanah. Studi dilakukan pada lokasi pembangunan di Kabupaten Probolinggo dengan memanfaatkan data sekunder berupa data tanah borlog dan gambar rencana. Perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif, momen, serta faktor keamanan dilakukan dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode rankine. Hasil analisis menunjukkan bahwa DPT kantilever memiliki stabilitas guling sebesar 3,2 lebih besar daripada DPT bronjong sebesar 2,73. DPT kantilever juga memiliki stabilitas geser senilai 2,76 serta mampu disesuaikan lebih optimal terhadap daya dukung tanah melalui desain fondasi senilai 7,95. dibandingkan dengan stabilitas geser DPT bronjong yang senilai 2,07 dan daya dukung senilai 3,4. Dengan demikian jenis DPT kantilever dipilih sebagai alternatif DPT bronjong (eksisting) karena lebih unggul dari semua perhitungan faktor keamanan yaitu pada stabilitas guling, geser dan daya dukung.

ABSTRACT

Keywords:

Retaining Wall, Gabion, Cantilever, Slope Stability, Safety Factor.

Retaining walls (DPT) are essential structural elements in geotechnical engineering that function to withstand lateral earth pressure, especially in areas with elevation differences or slopes that are at risk of landslides. This study aims to analyze and compare the stability of two types of retaining walls: gabion retaining walls and cantilever retaining walls, based on safety factors against overturning, sliding, and bearing capacity. The study was conducted at a construction site in Probolinggo Regency using secondary data consisting of borehole soil investigation data and design drawings. Calculations of active and passive earth pressures, moments, and safety factors were performed manually using the Rankine method. The results show that the cantilever retaining wall has a higher overturning stability of 3.2, compared to 2.73 for the gabion wall. The cantilever wall also has a sliding stability of 2.76 and can be more optimally adapted to the soil's bearing capacity through a foundation design yielding a value of 7.95, compared to the gabion wall's sliding stability of 2.07 and bearing capacity of 3.4. Therefore, the cantilever retaining wall is selected as an alternative to the existing gabion wall, as it outperforms in all safety factor assessments, including overturning, sliding, and bearing stability.

PENDAHULUAN

Dinding Penahan Tanah (DPT) merupakan struktur yang berguna untuk menahan tekanan lateral tanah ketika tanah tersebut mengalami perubahan dalam elevasi dan juga melampaui sudut geser dalam tanah (Afryansyah et al., 2023; Muntaha et al., 2022). Meskipun tanah longsor bisa terjadi pada lereng buatan, tanah longsor juga sering kali terjadi pada lereng alami (Fadli et al., 2021). Lereng merupakan tanah yang memiliki bentuk sudut tertentu dengan bidang mendatar sehingga mengakibatkan kemiringan (Adji & Agung, 2021). Seperti hidrologi, topografi, geologi, cuaca, iklim, penggunaan lahan, dan faktor yang lain (S. M. Ramadhan et al., 2021), semuanya berkontribusi terhadap hal ini. Peraan dari DPT yang stabil sangat dibutuhkan (Suhudi & Apli, 2021; Suhudi & Rahma, 2022). Karena kemungkinan akan terjadi tanah longsor pada lereng (Indra & Pagala Muh. Satria, 2024). Tanah longsor merupakan geraknya massa tanah yang menuruni lereng yang terjadi karena gaya pendorong tanah lebih besar dari gaya penahan tanah pada lereng (Ikrimah et al., 2021; Priastiwi et al., 2022). Terjadinya tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi pada wilayah di Indonesia, terutama saat musim penghujan tiba (Anggraini et al., 2022; Ramadhanti et al., 2022).

Untuk mengurangi bahaya dari tanah longsor yang bisa terjadi, jadi lereng tanah biasanya dibuatkan dinding penahan tanah yang berfungsi sebagai penahan pergerakan dari tanah (Mona, 2021; Siradz & Rulhendri, 2023). DPT juga bisa dikelompokkan menjadi tiga, yaitu dinding penahan tanah bronjong, dinding penahan turap baja, dan dinding penahan cor beton (Sanwani Holik et al., 2020). Besaran tekanan lateral merupakan salah satu faktor paling utama yang dihitung sebagai perencanaan dinding penahan tanah (Nurshinta et al., 2022; Panjaitan & Sitompul, 2022). Menurut Suhudi & Ehok, (2021) tekanan lateral yang terjadi dapat mampu menyebabkan terjadi geser dan guling. Selain itu menurut Toha et al., (2021) hal penting yang harus diperhatikan ialah bentuk struktur dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Analisis stabilitas bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan stabilitas antara dinding penahan tanah tipe bronjong (eksisting) dengan tipe kantilever berbahan beton bertulang, berdasarkan tiga aspek utama yaitu gaya guling, gaya geser, dan daya dukung tanah (Titaley, 2022). Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi teknis terhadap pemilihan jenis DPT yang lebih sesuai dengan kondisi geoteknik di lapangan, khususnya pada daerah rawan longsor, serta menjadi referensi dalam perencanaan dan desain struktur penahan tanah yang lebih aman dan berkelanjutan (A. G. Ramadhan et al., 2025).

Dinding penahan tanah eksisting tipe bronjong memiliki beberapa kekurangan, terutama dalam hal ketahanan terhadap erosi dan deformasi akibat beban dinamis seperti lalu lintas kendaraan berat, ketahanan jangka panjang, serta efektivitasnya dalam kondisi tanah yang kurang stabil (Patola Dm & Wirawan, 2023). Salah satu permasalahan utama yang sering terjadi pada eksisting bronjong adalah skoring, Hal ini disebabkan oleh struktur bronjong yang terdiri dari anyaman kawat dan batuan yang cenderung kurang kaku dibandingkan dengan DPT kantilever yang terbuat dari beton bertulang. Berdasarkan pertimbangan, DPT kantilever memiliki beberapa keunggulan dibandingkan DPT bronjong (eksisting), terutama dalam aspek ketahanan terhadap skoring, stabilitas jangka panjang, serta kemampuan menahan beban lateral yang lebih besar. Meskipun DPT bronjong memiliki keunggulan dalam fleksibilitas dan kemudahan pemasangan, rentan terhadap erosi dan degradasi material akibat arus air yang kuat.

METODE

Data sekunder yang digunakan pada studi ini adalah data tanah borelog, dan data gambar teknik perencanaan DPT. Lokasi studi dari penelitian ini yaitu terletak pada Kabupaten Probolinggo dengan 1 titik SPT. Metode perhitungan manual yang digunakan adalah metode rankine untuk mencari stabilitas dinding penahan tanah bronjong, dan dinding penahan tanah kantilever, selanjutnya melakukan analisis dari hasil pengecekan *safety factor* berdasarkan (SNI, 2017). Dari hasil analisis stabilitas tersebut kemudian dilakukan perbandingan bagaimana stabilitas antara DPT bronjong dengan DPT kantilever. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Koreksi Nilai SPT

Nilai N-SPT yang telah dikoreksi dikonversikan menjadi parameter tanah teknik menggunakan korelasi (Das & Sobhan, 2018) yang meliputi:

- Sudut geser dalam (ϕ) diperoleh berdasarkan jenis tanah dan nilai SPT
- Kohesi (c)
- Berat isi tanah (γ)

2. Perhitungan Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Setelah parameter tanah diperoleh dari hasil koreksi nilai SPT, dilakukan perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori Rankine. Tekanan tanah aktif dihitung menggunakan rumus:

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Sedangkan rumus tekanan tanah pasif:

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

3. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

- Menganalisis stabilitas terhadap guling (*overturning*).
- Menganalisis stabilitas terhadap geser (*sliding*).
- Menganalisis stabilitas terhadap daya dukung (*bearing capacity*)

HASIL

Pada lereng yang menjadi penelitian berada di Kabupaten Probolinggo. Penelitian ini dilakukan perbandingan antara analisis stabilitas dinding penahan tanah bronjong dengan dinding penahan tanah kantilever (Patola Dm & Wirawan, 2023). Analisis dilakukan pada penampang melintang lereng dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

1. Data Tanah

Pada parameter tanah untuk beberapa lapisan tanah berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT). Setiap baris pada tabel menggambarkan karakteristik tanah pada kedalaman tertentu, yang meliputi jenis tanah,

kedalaman/lapisan tanah, nilai SPT yang telah dikoreksi, sudut geser dalam (ϕ'), kohesi (c), berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), dan berat isi tanah dalam kondisi lembab (γ_{moist}).

Tabel 1. Koreksi NSPT

Deskripsi	Lapisan	N-SPT	ϕ' (°)	C kPa	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{moist} (KN/m ³)
Silt	Tanah 1 (2m)	9	29,7	5	17,98	16,79
Sand	Tanah 2 (4m)	50	42	5	23,80	20,67
silt clay	Tanah 3 (6m)	8	29,4	10	17,99	16,79
Silt	Tanah 4 (8m)	17	32,1	5	19,63	17,88
Silt Clay	Tanah 5 (10m-14m)	9	29,7	10	18,38	17,05
Silt Clay	Tanah 6 (16m-18m)	16	31,8	10	19,60	17,87
Silt Clay	Tanah 7 (20m-22m)	24	34,2	10	21,00	18,80
Silt Clay	Tanah 8 (24m-28m)	50	42	10	25,55	21,83

Sumber: Data Olahan (2025)

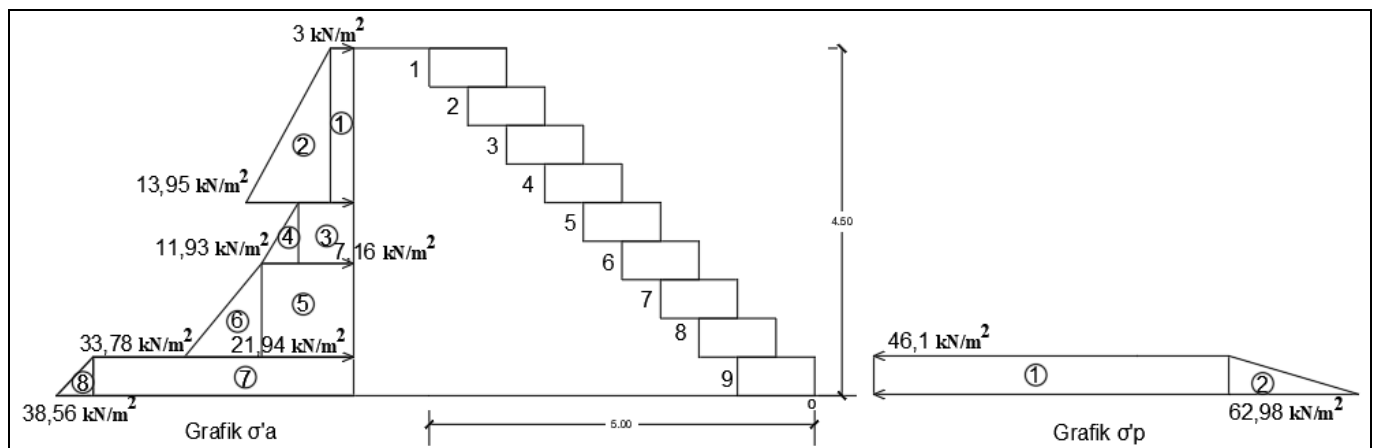
2. Menghitung Tekanan Tanah Aktif

Tabel 2 menyajikan data perhitungan tekanan tanah aktif berdasarkan parameter geoteknik pada berbagai kedalaman. Perhitungan ini penting dalam perencanaan dan analisis kestabilan struktur penahan tanah seperti dinding penahan (retaining wall). Pada baris tabel meliputi berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), berat isi tanah lembab (γ_{moist}), berat isi air (γ_{air}), Koefisien tekanan tanah aktif (Ka) dihitung berdasarkan nilai sudut geser dalam menggunakan teori rankine, tegangan vertikal aktif ($\sigma'v$), dan tekanan tanah aktif ($\sigma'a$).

Tabel 2. Perhitungan Tanah Aktif

Kedalaman, z (m)	c kPa	ϕ' (°)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{moist} (kN/m ³)	γ_{air} (kN/m ³)	Ka	$\sigma'v$ (kN/m ²)	$\sigma'a$ (kN/m ²)
0	5	29,70	N/A	16,79	0	0,34	25,00	3
2-	5	29,70	N/A	16,79	0	0,34	58,58	13,95
2+	5	42,00	N/A	16,79	0	0,20	58,58	7,16
2,79	5	42,00	N/A	20,67	0	0,20	82,66	11,93
4-	5	42,00	23,80	20,67	9,81	0,20	133,16	21,94
4+	10	29,40	23,80	20,67	9,81	0,34	133,16	33,78
4,5	10	29,40	17,99	16,79	9,81	0,34	147,15	38,56

Sumber: Data Olahan (2025)



Gambar 1. Diagram Tekanan Tanah Aktif dan Tanah Pasif

Sumber: Data Olahan (2025)

Pada tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan total tekanan tanah aktif (Pa) yang bekerja pada suatu struktur (dinding penahan tanah) seperti pada gambar 1, yang dihitung berdasarkan pembagian area tekanan secara segmental. Bentuk 1 merupakan persegi panjang, sedangkan bentuk 0,5 merupakan segitiga. Dimensi merupakan panjang lebar untuk dimensi 1 (persegi panjang) atau alas tinggi untuk dimensi 0,5 (segitiga). Untuk mencari hasil tekanan dengan mengkalikan bentuk dengan dimensinya sehingga sama dengan mendapatkan hasil luas bangun tersebut.

Tabel 3. Jumlah Pa Tanah Aktif

Pa (Tekanan Aktif)				
Area	Bentuk	Dimensi (m)		Tekanan (kN)
1	1	2	3	6
2	0,5	2	11	11
3	1	0,79	7,2	5,69
4	0,5	0,79	4,8	1,90
5	1	1,21	11,93	14,44
6	0,5	1,21	10,11	6,06
7	1	0,5	33,78	16,89
8	0,5	0,5	4,78	1,2
Jumlah				63,16

Sumber: Data Olahan (2025)

Dari perhitungan tabel tanah aktif didapatkan jumlahnya sebesar 63,16 kN.

3. Menghitung Tekanan Tanah Pasif

Tabel 4. Perhitungan Tanah Pasif

Kedalaman, z (m)	c kPa	Φ (°)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{air} (kN/m ³)	σ'_v (kN/m ²)	Kp	u (kN/m ²)	σ'_p (kN/m ²)
4	10	29,40	23,80	9,81	0,00	2,93	11,87	34,23
4,5	10	29,40	17,99	9,81	4,09	2,93	16,78	46,20

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 4 menyajikan perhitungan tekanan tanah pasif (σ'_p) pada kedalaman tertentu. Sedangkan gambar 1 dapat dilihat tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang terjadi ketika tanah mengalami gaya dorong ke arah dalam (misalnya dari struktur penahan terhadap tanah), dan nilainya biasanya lebih besar dibandingkan tekanan tanah aktif. Pada baris tabel meliputi berat isi tanah jenuh (γ_{sat}), berat isi tanah lembab (γ_{moist}), berat isi air (γ_{air}), Koefisien tekanan tanah pasif (Kp) dihitung berdasarkan nilai sudut geser dalam menggunakan teori rankine, tekanan air pori (u), dan tekanan tanah pasif efektif (σ'_p).

Pada tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan total tekanan tanah pasif (Pp) yang bekerja pada suatu struktur (dinding penahan tanah), yang dihitung berdasarkan pembagian area tekanan secara segmental. Bentuk 1 merupakan persegi panjang, sedangkan bentuk 0,5 merupakan segitiga. Dimensi merupakan panjang lebar untuk dimensi 1 (persegi panjang) atau alas tinggi untuk dimensi 0,5 (segitiga). Untuk mencari hasil tekanan dengan mengkalikan bentuk dengan dimensinya sehingga sama dengan mendapatkan hasil luas bangun tersebut.

Tabel 5. Jumlah Pp Tanah Pasif

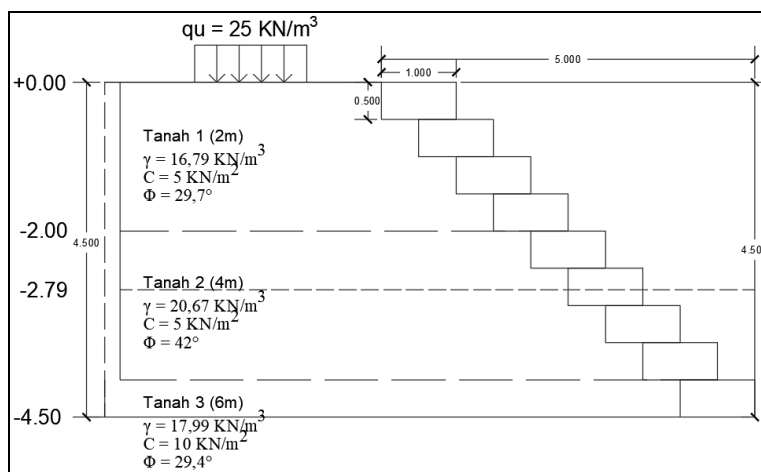
Pp (Tekanan Pasif)				
Area	Bentuk	Dimensi (m)		Tekanan (kN)
1	1	0,5	46,1	23,05
2	0,5	0,5	16,88	4,22
Jumlah				27,27

Sumber: Data Olahan (2025)

Dari perhitungan tabel tanah pasif didapatkan jumlahnya sebesar 27,27 kN.

4. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Bronjong

Permodelan ini mencakup pada kondisi eksisting pada lereng sungai. Permodelan geometri untuk dinding penahan tanah bronjong (eksisting) seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. Geometri Dinding Penahan Tanah Bronjong (Eksisting)

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 6. Menghitung W dan Momen akibat DPT Bronjong

NO	Area (m ²)	γ bronjong (kN/m ³)	W (kN)	X (m)	M (kNm)
1	0,5	23,00	11,5	4,5	51,75
2	0,5	23,00	11,5	4	46
3	0,5	23,00	11,5	3,5	40,25
4	0,5	23,00	11,5	3	34,5
5	0,5	23,00	11,5	2,5	28,75
6	0,5	23,00	11,5	2	23
7	0,5	23,00	11,5	1,5	17,25
8	0,5	23,00	11,5	1	11,5
9	0,5	23,00	11,5	0,5	5,75
$\Sigma V =$			103,5	$\Sigma Mp =$	258,75

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 6 menunjukkan perhitungan berat total bronjong yang digunakan dalam struktur dinding penahan tanah. Bronjong berfungsi sebagai sistem penahan tanah dan air yang memanfaatkan beratnya sendiri sebagai penyeimbang terhadap gaya dorong tanah. Didapatkan hasil 103,5 kN. Dan menyajikan perhitungan momen lentur yang ditimbulkan oleh berat bronjong terhadap titik tumpu atau titik rotasi tertentu (misalnya kaki dinding penahan tanah). Momen ini menjadi salah satu komponen penting dalam analisis kestabilan struktur, terutama untuk mengetahui seberapa besar kontribusi gaya berat bronjong dalam menahan gaya dorong tanah. Pada baris tabel terdapat jarak (lengan momen) dari masing-masing bronjong terhadap titik acuan (X), dan momen yang ditimbulkan oleh masing-masing bronjong diperoleh dari hasil perkalian antara berat dan jarak. Mendapatkan hasil 258,75 kNm.

Tekanan vertikal dan horizontal dapat dihitung dengan memproyeksikan tekanan aktif terhadap komponen sinus dan kosinus sudut kemiringan. Dengan demikian, tekanan horizontal dan vertikal dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$Pv = Pa \sin \alpha$$

$$Pv = 63,16 \sin 0^\circ$$

$$Pv = 0 \text{ kN/m}$$

$$Ph = Pa \cos \alpha$$

$$Ph = 63,16 \cos 0^\circ$$

$$Ph = 63,16 \text{ kN/m}$$

Menghitung faktor keamanan guling (*overturning*) pada dpt bronjong:

$$Mo = Ph \times \frac{H'}{3}$$

$$Mo = 63,16 \times \frac{4,5}{3}$$

$$Mo = 94,74 \text{ kN/m}$$

$$FS \text{ Guling} = \frac{\Sigma Mp}{\Sigma Mo} = \frac{258,75}{94,74} \geq 2$$

$$= 2,73 \geq 2$$

Berdasarkan ketentuan (SNI, 2017), dinding penahan tanah bronjong telah memenuhi kriteria stabilitas terhadap kegagalan akibat penggulingan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai faktor keamanan yang melebihi batas minimum yang dipersyaratkan, yaitu sebesar 2. Dengan demikian, struktur lereng dapat dinyatakan stabil terhadap potensi kegagalan akibat gaya penggulingan.

Tabel 7. Menghitung FS Sliding

No	k1, k2	Φ (°)	c (kN/m ²)	B (m)	SF Sliding
1	0,67	29,40	10	1	2,07

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 8. Menghitung Nilai Qmax dan Qmin

Mp (kNm)	Mg (kNm)	ΣV (kN)	B (m)	e (m)	Qmax (kN/m ²)	Qmin (kN/m ²)
258,75	94,74	103,50	1	-1,08	671,94	-464,94

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 9. Menhitung Bearing Capacity

c (kN/m ²)	D (m)	γ (kN/m ³)	B (m)	q ult kN/m ²	SF
10	0,5	17,99	1	2285,14	3,4

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 8, 9, dan 10 menyajikan hasil analisis stabilitas bronjong terhadap gaya geser, distribusi tekanan kontak pondasi, serta kapasitas daya dukung tanah. Berdasarkan Tabel 8, faktor keamanan terhadap geser (FS Sliding) bernilai 1,65, berdasarkan (SNI, 2017) menunjukkan struktur bronjong cukup stabil terhadap gaya horizontal aktif tanah. Tabel 9 menunjukkan perhitungan tekanan maksimum (Qmax) dan minimum (Qmin) yang bekerja pada dasar bronjong, dengan nilai masing-masing sebesar 671,94 kN/m² dan -464,94 kN/m. Sementara itu, Tabel 10 menunjukkan daya dukung ultimit tanah (qult) sebesar 2285,14 kN/m² dan faktor keamanan sebesar 3,4, yang berarti kapasitas daya dukung tanah sangat memadai untuk menahan beban bronjong. Secara keseluruhan, struktur bronjong dinyatakan aman terhadap geser dan daya dukung tanah.

Pada tabel 11 menyajikan rekapitulasi hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah bronjong (eksisting), yang mencakup potensi kegagalan akibat penggulingan, pergeseran, dan kegagalan daya dukung tanah.

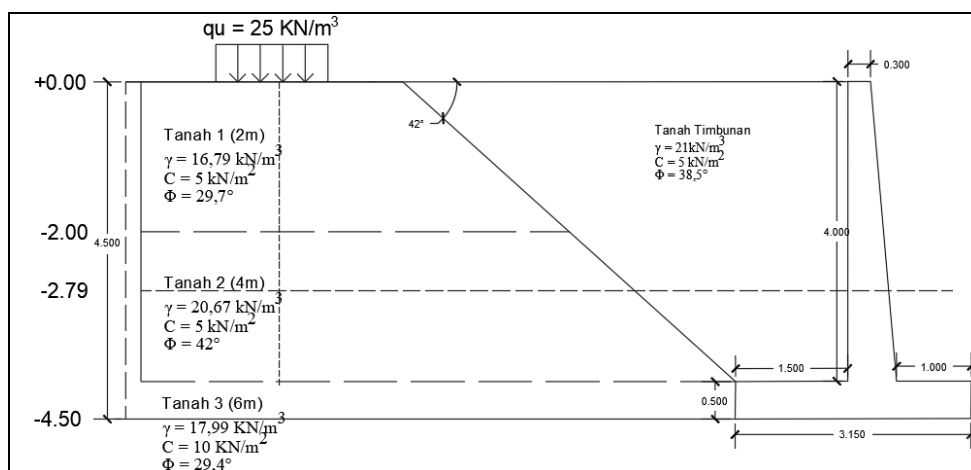
Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Bronjong (Eksisting)

Stabilitas	Hasil Analisis	Faktor Keamanan	Keterangan
Gaya Penggulingan <i>Overtuning</i>	2,73	SF \geq 2	Aman
Gaya Penggeseran <i>Sliding</i>	2,07	SF \geq 1,5	Aman
Daya Dukung Tanah (<i>Bearing Capacity</i>)	3,4	SF \geq 3	Aman

Sumber: Data Olahan (2025)

5. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever

Permodelan geometri untuk dinding penahan tanah kantilever dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Geometri Dinding Penahan Tanah Kantilever

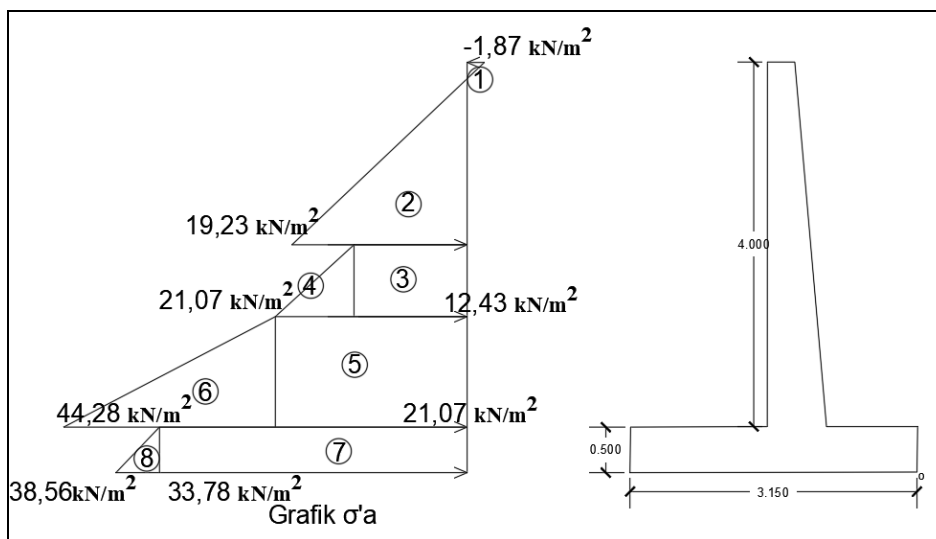
Sumber: Data Olahan (2025)

Pada perhitungan tanah aktif dinding penahan tanah kantilever mendapatkan tambahan tekanan karena ditambahnya tanah timbunan. Perhitungan tanah timbunan dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 11. Perhitungan Tekanan Tanah Timbunan Aktif

Kedalaman z (m)	c (kN/m ²)	Φ (^o)	γ sat (kN/m ³)	ymoist (KN/m ³)	yair (KN/m ³)	Ka	σ'v kN/m ²	σ'a kN/m ²
0	5	38,50		21,00	0	0,23	1,40	-4,5
2-	5	38,50		21,00	0	0,23	43,40	5,27
2+	5	38,50		21,00	0	0,23	43,40	5,27
2,79	5	38,50		21,00	0	0,23	59,99	9,13
4-	5	38,50	22,00	21,00	9,81	0,23	116,74	22,34

Sumber: Data Olahan (2025)



Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 12. Jumlah Perhitungan Tanah Aktif

Pa				
Area	Bentuk	Dimensi		Tekanan
1	0,5	0,18	-1,87	-0,17
2	0,5	1,82	19,23	17,50
3	1	0,79	12,43	9,82
4	0,5	0,79	8,64	3,41
5	1	1,21	21,07	25,49
6	0,5	1,21	23,21	14,04
7	1	0,5	33,78	16,89
8	0,5	0,5	4,78	1,20
Jumlah				88,19

Sumber: Data Olahan (2025)

Setelah menggambar diagram gabungan tekanan tanah aktif asli dan timbunan yang terjadi pada struktur, kemudian menghitung jumlah tekanan aktifnya dengan mencari luasan dari bangun datar tersebut dapat dilihat pada tabel 13. Pada Perhitungan tekanan tanah pasif menggunakan data perhitungan tekanan tanah pasif pada perhitungan stbilitas bronjong, karena geometri pada perhitungan DPT kantilever ini dihitung dan difungsikan sebagai alternatif pengganti bronjong. Hasil pada tekanan tanah ini dapat dilihat pada tabel 5.

Pada tabel 14 menyajikan hasil perhitungan berat (W) dan momen akibat beban tanah serta struktur DPT (Dinding Penahan Tanah) tipe kantilever. Pada tabel 14, beban total dihitung dari luas area tiap elemen dikalikan dengan berat jenis material (γ), menghasilkan total berat sebesar 209,40 kN. Nilai berat ini kemudian digunakan dalam tabel 14 untuk menghitung momen terhadap titik o, dengan memperhitungkan lengan momen (arm) masing-masing beban. Hasilnya menunjukkan total momen akibat beban tanah dan struktur DPT adalah sebesar 423,90 kNm.

Tabel 13. Menghitung W Tanah dan DPT Kantilever

NO	Area (m ²)	γ (kN/m ³)	W	Moment Arm dari o	M (kNm)
1	1,20	24,00	28,8	1,5	43,2
2	0,70	24,00	16,8	1,12	18,76
3	1,575	24,00	37,8	1,58	59,54
4	6,00	21,00	126,00	2,40	302,40
5	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
		ΣV =	209,40	ΣMp =	423,90

Sumber: Data Olahan (2025)

Tekanan vertikal dan horizontal dapat dihitung dengan memproyeksikan tekanan aktif terhadap komponen sinus dan kosinus sudut kemiringan. Dengan demikian, tekanan horizontal dan vertikal dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$P_v = P_a \sin \alpha$$

$$P_v = 0,00 \text{ kN/m}$$

$$P_h = P_a \cos \alpha$$

$$P_h = 88,19 \text{ kN/m}$$

Menghitung faktor keamanan guling (*overturning*) pada dpt kantilever:

$$M_o = P_h \left(\frac{H}{3} \right)$$

$$M_o = 132,28$$

$$FS \text{ Guling} = \frac{\sum M_p}{\sum M_o} = \frac{423,9}{132,28} \geq 2$$

$$= 3,2 \geq 2$$

Berdasarkan ketentuan (SNI, 2017), dinding penahan tanah kantilever telah memenuhi kriteria stabilitas terhadap kegagalan akibat penggulingan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai faktor keamanan yang melebihi batas minimum yang dipersyaratkan, yaitu sebesar 2. Dengan demikian, struktur lereng dapat dinyatakan stabil terhadap potensi kegagalan akibat gaya penggulingan.

Tabel 14. Menghitung FS Sliding

No	k1, k2	Φ (°)	c (kN/m ²)	B (m)	SF Sliding
1	0,67	29,40	10	3,15	2,76

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 15. Menghitung Nilai Qmax dan Qmin

Mp (kNm)	M0 (kNm)	ΣV (kN)	B (m)	e (m)	Qmax (kN/m ²)	Qmin (kN/m ²)
423,90	132,28	209,40	3,15	0,18	89,57	43,38

Sumber: Data Olahan (2025)

Tabel 16. Menghitung Bearing Capacity

q (kN/m ²)	B' (m)	Fqd	Fcd	X	Fci	Fyi	q ult (kN/m ²)	SF
81	2,79	1,05	1,05	2,23	0,18	0,85	712,20	7,95

Sumber: Data Olahan (2025)

Pada tabel 16, 17, dan 18 menggambarkan hasil evaluasi stabilitas dan kapasitas daya dukung pada struktur DPT kantilever. Berdasarkan tabel 16, nilai faktor keamanan terhadap geser (FS Sliding) sebesar 2,76 berdasarkan (SNI, 2017) menunjukkan struktur cukup stabil terhadap gaya lateral. Tabel 17 menyajikan perhitungan tekanan kontak maksimum (Qmax) dan minimum (Qmin) pada pondasi, masing-masing sebesar 89,57 kN/m² dan 43,38 kN/m², yang menunjukkan distribusi beban masih dalam batas aman tanpa kehilangan kontak. Selanjutnya, Tabel 18 memberikan nilai kapasitas daya dukung ultimit (qult) sebesar 712,20 kN/m² dengan faktor keamanan (SF) sebesar 7,95, mengindikasikan bahwa tanah mampu menahan beban dari struktur dengan tingkat keamanan yang tinggi.

Pada tabel 19 menyajikan rekapitulasi hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah kantilever yang mencakup potensi kegagalan akibat penggulingan, pergeseran, dan kegagalan daya dukung tanah.

Tabel 17. Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever

Stabilitas	Hasil Analisis	Faktor Keamanan	Keterangan
Gaya Penggulingan <i>Overtuning</i>	3,2	SF \geq 2	Aman
Gaya Penggeseran <i>Sliding</i>	2,76	SF \geq 1,5	Aman
Daya Dukung Tanah (<i>Bearing Capacity</i>)	7,95	SF \geq 3	Aman

Sumber: Data Olahan (2025)

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan membandingkan stabilitas antara dinding penahan tanah bronjong dan dinding kantilever sebagai alternatif struktur penahan tanah. Total tekanan tanah aktif (P_a) yang bekerja pada struktur sebesar 63,16 kN, sedangkan tekanan tanah pasif (P_p) sebesar 27,27 kN. Hasil analisis menunjukkan bahwa berat total bronjong yang dihitung dari volume dan berat isi bronjong mencapai 103,5 kN, dengan momen penahan akibat berat bronjong terhadap titik rotasi (kaki dinding) sebesar 258,75 kNm. Hasil ini memberikan faktor keamanan terhadap guling sebesar 2,73, yang telah melebihi batas minimum. Demikian pula, faktor keamanan terhadap geser sebesar 2,07, dan daya dukung sebesar 3,4. Sementara itu, dinding penahan tanah kantilever dianalisis sebagai alternatif pengganti bronjong dengan tambahan beban dari tanah timbunan di belakangnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa berat total kantilever yang dihitung dari volume dan berat isi kantilever sebesar 209,4 kN, dengan momen penahan akibat berat kantilever terhadap titik rotasi (kaki dinding) sebesar 423,9 kNm. Hasil ini memberikan faktor keamanan terhadap guling meningkat menjadi 3,2, menunjukkan kestabilan struktur terhadap penggulingan jauh di atas batas minimum. Faktor keamanan terhadap geser juga tetap aman, yaitu sebesar 2,76, dan daya dukung sebesar 7,95.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif terhadap stabilitas dinding penahan tanah bronjong (*eksisting*) dan kantilever, diperoleh bahwa struktur bronjong (*eksisting*) memiliki berat total sebesar 103,5 kN, menghasilkan momen penahan sebesar 258,75 kNm, dengan faktor keamanan terhadap guling sebesar 2,73, terhadap geser 2,07, dan daya dukung tanah sebesar 3,4. Sementara itu, struktur dinding penahan tanah kantilever menunjukkan performa teknis yang lebih tinggi, dengan berat total 209,4 kN, momen penahan 423,9 kNm, faktor keamanan terhadap guling 3,2, faktor keamanan terhadap geser 2,76, dan daya dukung tanah yang tinggi yaitu 7,95. Perbandingan ini menunjukkan bahwa dinding penahan tanah kantilever memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan bronjong (*eksisting*), terutama dalam momen guling, geser, dan daya dukung tanah. Oleh karena itu, secara kuantitatif dapat disimpulkan bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever lebih unggul dari segi kestabilan struktural, menjadikannya sebagai alternatif yang layak untuk menggantikan bronjong pada kondisi *eksisting*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, M. E. K., & Agung, P. A. M. (2021). ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN APLIKASI PLAXIS 8.2 DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH. *Construction and Material Journal*, 3(3), 153–161.
- Afryansyah, A., Hariati, F., Taqwa, F. M. L., & Alimuddin, A. (2023). Analisis Stabilitas Dan Biaya Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Bronjong di Sungai Ciliwung (Studi Kasus: Ruas Legok Nyenang Rt.01/03, Desa Leuwimalang, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor). *Jurnal Komposit*, 7(1), 11–16. <https://doi.org/10.32832/komposit.v7i1.7369>
- Anggraini, N., Riskiyah, I. R., & Purnomo, F. F. J. (2022). *PERBANDINGAN ALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI DAN KANTILEVER MENGGUNAKAN GEOSTUDIO SLOPE/W PADA PROYEK JALUR LINTAS SELATAN LOT 7 BLITAR* (Vol. 3, Issue 4). <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *GEOTECHNICAL ENGINEERING*. www.cengagebrain.com.
- Fadli, M., Hariati, F., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2021). PERLINDUNGAN TEBING SUNGAI CILIWUNG DENGAN DINDING KANTILEVER RUAS KAMPUNG LEGOK NYENANG, KABUPATEN BOGOR. In *Jurnal Komposit* (Vol. 5, Issue 1).
- Ikrimah, M. A., Sustanto, H., & Budiman, E. (2021). *STUDI PENANGANAN LONGSOR DENGAN BEBERAPA ALTERNATIF DINDING PENAHAN TANAH*.
- Indra, & Pagala Muh. Satria. (2024). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Bronjong, Sheet Pile, Pasangan Batu Dan Kantilever Menggunakan Software Plaxis Studi Kasus SMPN 1 Asera. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2(1), 542–547. <https://journal.banjaresepacific.com/index.php/jimr>
- Mona, E. (2021). Analisa Perhitungan Dimensi Turap Kayu (Panjang Kayu Ditanam Dan Tebal) Sebagai Dinding Penahan Tanah Sementara. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 21(3), 1057–1061. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v21i3.1709>

- Muntaha, M., Wahyuni, F., Nuzula, J. F., & Ralindra, D. F. (2022). *Stabilitas Dinding Penahan Tanah Menggunakan Pondasi Strauss Pile dan Soil Nailing pada Proyek Jalan Lintas Selatan LOT 7 Blitar STA 6+570*. <https://www.researchgate.net/publication/372766573>
- Nurshinta, H., Putra, P. P., & Nurtjahjaningtyas, I. (2022). ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TERHADAP DRAWDOWN PADA LERENG SUNGAI AREA DAM BADENG KECAMATAN SONGGON, BANYUWANGI. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 9(2), 86–94. <https://doi.org/10.33019/fropil.v9i2.2504>
- Panjaitan, S. R. N., & Sitompul, F. B. (2022). Analisis Stabilitas Konstruksi Dinding Penahan Tanah Pada Pembangunan Turap, Talud Dan Bronjong di Kabupaten Simalungun. In *Junal Ilmiah Teknik Industri Prima* (Vol. 5, Issue 2).
- Patola Dm, A., & Wirawan, R. (2023). PERENCANAAN PENCEGAHAN TANAH LONGSOR DENGAN METODE DINDING PENAHAN TANAH. In *JURNAL KARAJATA ENGINEERING* (Vol. 3, Issue 1). <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata>•59
- Priastiwi, Y. A., Wardani, S. P. R., Partono, W., Sari, U. C., & Wibowo, H. (2022). PEMBUATAN TALUD DINDING PENAHAN TANAH MUSHOLA BAITUSSALAM DUSUN TEGALSALE DESA JEMBRAK KECAMATAN PABELAN KABUPATEN SEMARANG. In *JURNAL PASOPATI* (Vol. 4, Issue 3). <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati>
- Ramadhan, A. G., Sefrina, A., & Farichah, H. (2025). Stabilitas Lereng Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Software GEO5 dan Perhitungan Empiris pada Proyek Jalan Lintas Selatan Lot 1A STA 4+600. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(1), 205. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v8i1.814>
- Ramadhan, S. M., Gazali, A., & Adawiyah, R. (2021). *PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE CANTILEVER WALL PADA AKSES JALAN PULAU BALANG-PENAJAM PASER UTARA-KOTA BALIKPAPAN PROVINSI KALIMANTAN TIMUR*.
- Ramadhanti, R., Arnandha, Y., & Murtopo, A. (2022). *PERENCANAAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN DINDING PENAHAN TANAH (DPT) PADA RUAS JALAN BOROBUDUR-BIGARAN KABUPATEN MAGELANG*.
- Sanwani Holik, Lukman Hikmad, & Artiningsih Titik Penta. (2020). ANALISIS STABILITAS TANAH DAN PENANGANAN LONGSOR DENGAN PERKUATAN BRONJONG DI JALAN RAYA CIBARUSAH MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil*, 1(1), 1–13.
- Siradz, S. A. P., & Rulhendri, R. (2023). PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH UNTUK JALUR IRIGASI. *JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT UIKA JAYA*, 1(2), 46–52.
- SNI. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik*. 1–295. www.bsn.go.id
- Suhudi, & Apli, V. E. (2021). EVALUASI STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA SUNGAI NAMBAAN KECAMATAN NGANTANG KABUPATEN MALANG. *Jurnal Qua Teknika*, 11(1), 26–39.
- Suhudi, & Ehok, S. (2021). EVALUASI STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DI DESA NGROTO, KECAMATAN PUJON, KABUPATEN MALANG. *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 22–31.
- Suhudi, & Rahma, P. D. (2022). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(2), 48–56. <https://doi.org/10.21063/JTS.2022.V902.048-56>
- Titaley, H. D. (2022). TINJAUAN STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI PADA RUAS JALAN DESA HATU. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(7), 17017–17025. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i11.11934>
- Toha, G. R., Alihudien, A., & Priyono, P. (2021). *Kajian Penggunaan Tiang Pancang Panjang dan Pendek pada Dinding Penahan Tanah Tanggul Kali Jompo Jember* (Vol. 2, Issue 2). <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>