

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER STUDI KASUS KOTA SAWAHLUNTO

Zainudin¹

Universitas Bung Hatta
zainudinpowi18.118@gmail.com¹

Khadavi²

Universitas Bung Hatta
khadavi@bunghatta.ac.id²

Mufti Warman Hasan³

Universitas Bung Hatta
muftiwarman80@gmail.com³

ABSTRAK

Kondisi geoteknik di Kota Sawahlunto yang didominasi oleh lereng curam dengan curah hujan tinggi berpotensi menimbulkan longsor. Untuk mengatasi permasalahan kestabilan tanah, digunakan perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi dan penulangan dinding penahan tanah yang memenuhi kriteria stabilitas terhadap penggulingan, penggeseran, serta kapasitas daya dukung tanah. Perhitungan dilakukan secara manual berdasarkan teori Rankine dan dibandingkan dengan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Plaxis V20. Hasil perhitungan yang mengacu pada SNI 8460-2017 menunjukkan bahwa dimensi dinding dengan tinggi 6,00 m, lebar atas 0,30 m, dan lebar bawah 0,60 m memenuhi faktor keamanan $> 1,5$ untuk kondisi stabilitas guling dan geser sedangkan faktor keamanan > 3 untuk stabilitas daya dukung tanah. Penulangan vertikal dan plat kaki yang direncanakan sesuai SNI 03-2874-2002 terbukti mampu meningkatkan kapasitas struktur. Perbandingan hasil antara metode Rankine dan analisis Plaxis menunjukkan kesesuaian. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever efektif diterapkan pada lokasi rawan longsor di Sawahlunto.

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah, Kantilever, Plaxis, Stabilitas

ABSTRACT

The geotechnical conditions in Sawahlunto City, which are dominated by steep slopes and high rainfall, pose a risk of landslides. To address soil stability issues, a cantilever-type retaining wall design is employed. This study aims to determine the dimensions and reinforcement of the retaining wall that meet stability criteria against overturning, sliding, and bearing capacity. Calculations were carried out manually based on Rankine theory and compared with numerical simulations using Plaxis V20 software. The results, referring to SNI 8460-2017, show that a wall with a height of 6.00 m, top width of 0.30 m, and bottom width of 0.60 m satisfies the safety factor > 1.5 for overturning and sliding stability, and a safety factor > 3 for bearing capacity stability. Vertical reinforcement and footing design based on SNI 03-2874-2002 have proven to enhance structural capacity. The comparison between Rankine method

and Plaxis analysis shows good agreement. This study confirms that cantilever retaining walls are effective for application in landslide-prone areas in Sawahlunto.

PENDAHULUAN

Kota Sawahlunto merupakan salah satu kota di Provinsi Sumatera Barat dengan kondisi geografis yang dikelilingi perbukitan dan lembah. Topografi wilayah ini umumnya berupa lereng curam dengan ketinggian antara 250–650 meter di atas permukaan laut. Ditambah dengan iklim tropis basah dan curah hujan yang tinggi, kondisi ini menjadikan Sawahlunto rawan mengalami bencana geoteknik, khususnya tanah longsor yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat serta merusak infrastruktur.

Dalam konteks pembangunan, kestabilan tanah merupakan faktor penting yang harus diperhatikan. Tanah sebagai elemen dasar konstruksi tidak hanya memikul beban bangunan di atasnya, tetapi juga memengaruhi umur dan kelayakan struktur. Permasalahan seperti pergeseran, kelongsoran, atau keretakan sering terjadi akibat kurangnya perhatian terhadap aspek geoteknik, khususnya daya dukung dan kestabilan lereng.

Salah satu solusi untuk mengendalikan permasalahan tersebut adalah penggunaan dinding penahan tanah (DPT). DPT berfungsi menahan tekanan lateral tanah sehingga kestabilan lereng terjaga. Dari berbagai tipe yang ada, dinding penahan tanah tipe kantilever dipilih karena relatif ekonomis, mudah dilaksanakan, dan sesuai untuk ketinggian dinding di bawah 7 meter.

Penelitian ini dilakukan di Desa Muaro Kalaban, Kota Sawahlunto, yang memiliki kondisi lereng kurang stabil. Perencanaan DPT difokuskan pada aspek dimensi dan penulangan dengan memperhatikan stabilitas terhadap guling, geser, dan kapasitas daya dukung. Perencanaan mengacu pada teori Rankine dan peraturan nasional yang berlaku, serta dilakukan perbandingan dengan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Plaxis V20.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya mitigasi bencana longsor di daerah rawan, sekaligus menjadi acuan teknis bagi perencana maupun kontraktor dalam merancang dinding penahan tanah yang aman, stabil, dan ekonomis.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dilakukan di Desa Muaro Kalaban, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

Data yang digunakan:

- Data standar Penetration Test (SPT) dengan pengeboran dilakukan sebanyak (satu) titik pada elevasi muka tanah eksisting.
- Data hasil pengujian di laboratorium.

Preliminary design

Syarat-syarat bentuk dan ukuran bagian dari dinding penahan tanah tipe kantilever mengacu pada (SNI 8460, 2017) dengan:

1. Lebar telapak (B) dengan ukuran $0,4H - 0,7H$,
2. Lebar telapak depan (b_1) dapat diambil antara $B/3$,
3. Tebal dinding (t_s) minimum 30 cm,
4. Tinggi telapak (t_b) diambil 8 - 10% dari tinggi total keseluruhan (H);

Perhitungan tanah lateral teori rankine:

- Tekanan tanah aktif
- Tekanan tanah pasif

Menghitung stabilitas dinding penahan tanah:

- Stabilitas guling
- Stabilitas geser
- Stabilitas daya dukung

Ketiga variabel tersebut harus memenuhi syarat aman dari masing-masing variabel sehingga konstruksi dinding penahan menjadi aman dan tidak terjadi keruntuhan.

Program plaxis V20

Program ini adalah untuk menciptakan program computer berdasarkan metode elemen hingga 2D yang mudah digunakan untuk menganalisis tanggul – tanggul yang dibangun di atas tanah lunak.

Perhitungan penulangan:

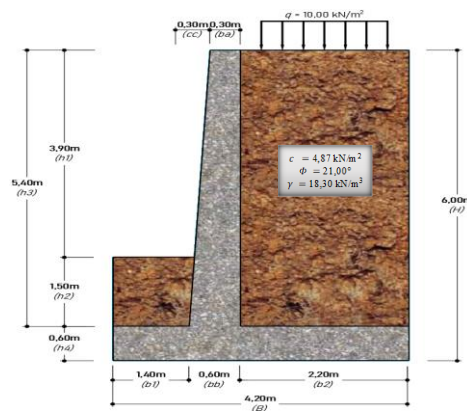
1. Rasio Penulangan
2. Jumlah Tulangan
3. Jarak Antar Tulangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary design dinding penahan tanah

Tipe dinding penahan tanah yang akan direncanakan di Sawah Tambang, Desa Muro Kalaban, Kec. Silungkang, Kota Sawahlunto, yaitu tipe Kantilever dengan menggunakan konstruksi beton bertulang dengan berat jenis 24 kN/m³. Beban yang bekerja pada dinding penahan tanah adalah beban dengan (q) = 10 kN/m². Berikut Preliminary design dimensi dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Maka ditetapkan dimensi rencana dinding penahan tanah:

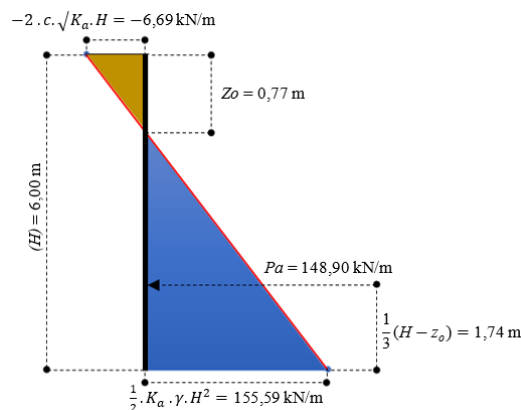
- | | | |
|---------------------------------------|----|----------|
| 1. Tinggi total dinding penahan tanah | H | = 6,00 m |
| 2. Lebar total telapak | B | = 4,20 m |
| 3. Tebal dinding atas | ba | = 0,30 m |
| 4. Tebal telapak | h4 | = 0,60 m |
| 5. Labar telapak depan (toe) | b1 | = 1,40 m |
| 6. Lebar telapak belakang (heel) | b2 | = 2,20 m |



Gambar 2. Dimensi Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever

Menghitung tekanan tanah aktif

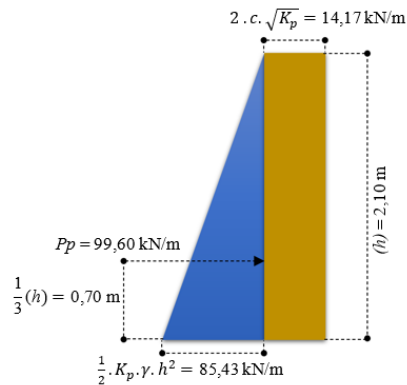
Berikut ini diagram tekanan tanah aktif (P_a) dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Tekanan Tanah Aktif

Menghitung tekanan tanah pasif

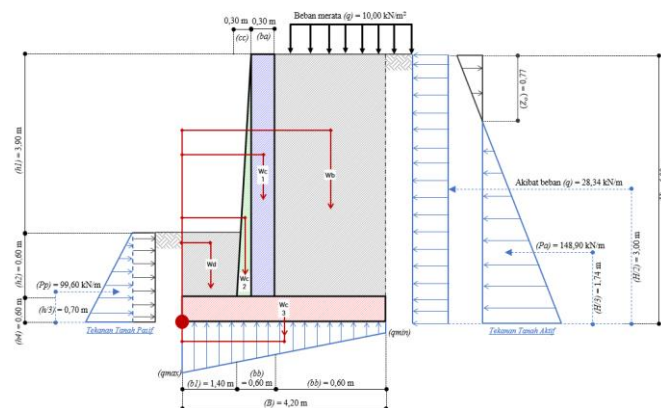
Berikut ini diagram tekanan tanah aktif (P_p) dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4. Diagram Tekanan Tanah Pasif

Gaya-gaya pada dinding penahan tanah

Sehingga menghasilkan diagram gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4. Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Perhitungan gaya vertikal dan gaya momen terhadap (titik O)

Tabel 1. Gaya Vertikal dan Gaya Momen

No Segment	Jarak Tengah ke Titik O m	Berat $\sum W$ kN	Momen Titik O $\sum M_w$ kN.m
Segment 1	1,85	38,88	71,93
Segment 2	1,60	19,44	31,10
Segment 3	2,10	60,48	127,01
Segment 4	3,10	217,40	673,95
Segment 5	0,70	3,24	2,27
W tambahan q	3,10	22,00	68,20
Total		361,45	974,46

Perhitungan tanah aktif dan momen terhadap (titik O)

Tabel 1. Tekanan Tanah Aktif dan Momen

No Segment	Jarak Tengah ke Titik O <i>m</i>	Berat $\sum W$ <i>kN</i>	Momen Titik O $\sum M_{gl}$ <i>kN.m</i>
Segment	4	1,74	148,90
W tambahan	q	3,00	28,34
Total		177,24	382,82

Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah:

1. Perhitungan stabilitas akibat guling

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}}$$

Nilai minimum (Bowles, 1997)

$$F_{gl} \geq 1,5 \text{ untuk tanah granular}$$

$$F_{gl} \geq 2 \text{ untuk tanah kohesif}$$

$$F_{gl} = \frac{974,46}{382,82} = 2,55 > 1,5 \text{ (nilai minimum)}$$

Cek = Aman (OK)

2. Perhitungan stabilitas akibat guling

$$R_{Rh} = C_\alpha B + \sum W \cdot \tan \delta_b$$

$$R_{Rh} = (4,87 \times 4,20) + (361,45 \times 1,00) \\ = 38,90 \text{ kN.m}$$

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h}$$

Nilai minimum (Bowles, 1997)

$$F_{gs} \geq 1,5 \text{ untuk tanah dasar granular}$$

$$F_{gs} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif}$$

$$F_{gs} = \frac{381,90}{177,24} = 2,15 > 1,5 \text{ (nilai minimum)}$$

Cek = Aman (OK)

3. Perhitungan stabilitas akibat daya dukung

$$x_e = \left(\frac{974,46 - 381,90}{361,45} \right) \\ = 38,90 \text{ kN.m}$$

Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - x_e$$

$$e = \left(\frac{4,20}{2} - 1,64 \right)$$

$$= 0,46 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0,70 \text{ m}$$

Nilai lebar efektif

$$B' = B - 2e$$

$$B' = 4,20 - (2 \times 0,46) \\ = 3,28 \text{ m}$$

$$A' = B' \times 1$$

$$A' = 3,28 \times 1 \\ = 3,28 \text{ m}^2$$

Gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah

$$\text{Gaya horizontal} \quad H = 177,24 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya vertikal} \quad V = 361,45 \text{ kN}$$

Faktor-faktor kapasitas dukung dengan nilai sudut geser adalah $30,00^\circ$, diperoleh nilai

$$\text{Nilai } N_c = 30,14$$

$$\text{Nilai } N_q = 18,40$$

$$\text{Nilai } N_\gamma = 15,07$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5H}{V + A' \cdot c_a \cdot \phi} \right]^5 \geq 0$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0,5 \times 177,24}{361,45 + 3,28 \times 2,25 \times 1,73} \right]^5 = 0,26$$

$$i_c = i_q - \frac{(1 - i_q)}{N_q - 1}$$

$$i_c = 0,81 - \frac{(1 - 0,26)}{18,40 - 1} = 0,22$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{0,7H}{V + A' \cdot c_a \cdot \phi} \right]^5 \geq 0$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{0,7 \times 177,24}{361,45 + 3,28 \times 2,25 \times 1,73} \right]^5 = 0,13$$

Kapasitas daya dukung ultimit (Hansen) :

$$q_u = d_c \cdot i_c \cdot C \cdot N_c + d_q \cdot i_q \cdot D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$q_u = (23,05) + (746,89) + (78,14) \\ = 848,09 \text{ kN/m}$$

$$F = \frac{q_u}{q}$$

Nilai minimum

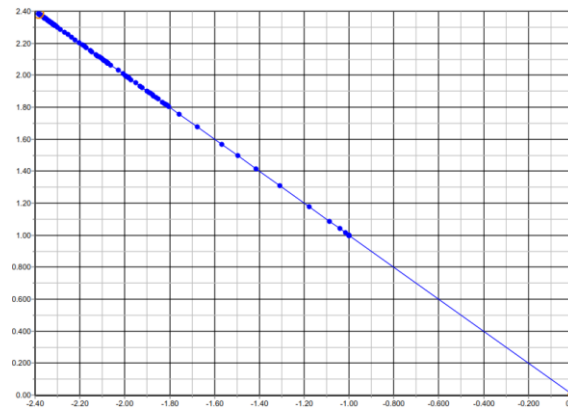
$$F \geq 3$$

$$F = \frac{848,09}{110,24} = 7,69 > 3 \text{ (nilai minimum)}$$

Cek = Aman (OK)

Perhitungan dengan bantuan program plaxis

Pada saat kalkulasi safety factor yang terjadi melalui program Plaxis Curver setelah analisis output selesai dilakukan, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar dibawah ini. Hasil akhir yang didapat safety factor sebesar 2,4 dan dinyatakan aman.



Gambar 4. Grafik Plaxis Curver

Penulangan dinding penahan tanah

Perhitungan gaya vertikal dan momen terhadap kaki depan (titik O) dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Gaya Vertikal dan Gaya Momen terhadap (Titik O)

No Segment	Jarak Tengah ke Titik O M	Berat ΣW kN	Momen Titik O ΣM_w kN.m
Segment 1	1,85	46,66	86,31
Segment 2	1,60	23,33	37,32
Segment 3	2,10	72,58	152,41
Segment 4	3,10	260,88	808,74
Segment 5	0,70	3,89	2,72
W tambahan q	3,10	35,20	109,12
Total		422,54	1196,64

Catatan :

Faktor beban mati : 1,2

Faktor bebam hidup : 1,6

Gaya horizontal dari tekanan tanah aktif total dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Gaya Horizontal Terfaktor dari Tekanan Tanah Aktif Total

No Segment	Jarak Tengah ke Titik O M	Berat ΣW kN	Momen Titik O ΣM_{gl} kN.m
Segment 4	1,74	178,68	357,36
W tambahan q	3,00	45,35	136,04
Total		224,03	493,40

Menghitung eksentrisitas pada dasar pondasi oleh beban-beban terfaktor

$$x_e = \left(\frac{\sum M_w - \sum M_{gl}}{\sum W} \right)$$

$$x_e = \left(\frac{1196,64 - 493,40}{442,54} \right) \\ = 1,59 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - x_e$$

$$e = \left(\frac{4,20}{2} - 1,59 \right)$$

$$= 0,51 < \frac{B}{6} = 0,70 \text{ m}$$

Menghitung tekanan tanah pada dasar pondasi, karena $e < \frac{B}{2}$

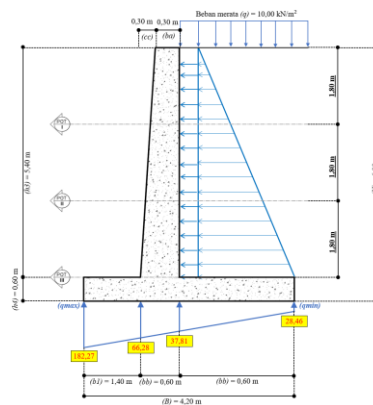
$$q_{\max} = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

$$q_{\max} = \frac{442,54}{4,20} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,51}{4,20} \right) \\ = 182,27 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

$$q_{\min} = \frac{442,54}{4,20} \times \left(1 - \frac{6 \times 0,51}{4,20} \right) \\ = 28,46 \text{ kN/m}^2$$

Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4. Gaya-gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Berikut adalah hasil dari perhitungan tulangan untuk dinding vertikal dapat dilihat pada Tabel 4. dibawah ini.

Tabel 4. Resume Tulangan Pada Dinding Vertikal

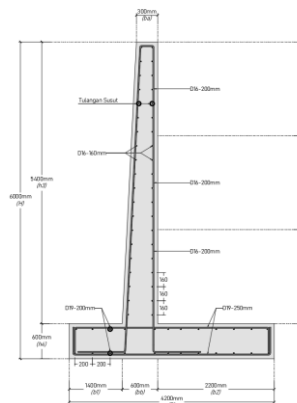
Potongan	h3 (mm)	M _u (kN.m)	d (mm)	b _w (mm)	A _s (mm ²)	Diameter Tulangan (mm)	Jarak (mm)
I-I	1,80	22,32	343	1000	188,21	16	200
II-II	3,60	129,63	434	1000	853,57	16	200
III-III	5,40	382,42	534	1000	200,86	16	160

Berikut adalah hasil dari perhitungan tulangan untuk plat kaki dapat dilihat pada Tabel 5. dibawah ini.

Tabel 5. Resume Tulangan Pada Plat Kaki

Potongan	h3 (mm)	M _u (kN.m)	d (mm)	b _w (mm)	A _s (mm ²)	Diameter Tulangan (mm)	Jarak (mm)
IV-IV	1,80	42,42	531	1000	1062,00	19	250
V-V	3,60	291,08	531	1000	1062,00	19	250

Berikut adalah detail tulangan dari hasil perhitungan diatas yang dapat dilihat pada gambar 4. dibawah ini.



Gambar 4. Detail Penulangan Dinding Penahan Tanah

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh pada Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (Studi Kasus Kota Sawahlunto) adalah dengan tinggi 6,00 m, lebar atas 0,30 m, dan lebar bawah 0,60 m terbukti aman digunakan pada lokasi penelitian di Kota Sawahlunto. Hasil analisis menunjukkan faktor keamanan terhadap guling (2,55), geser (2,15), dan daya dukung (7,69), semuanya memenuhi syarat minimum $> 1,5$ sesuai SNI 8460:2017. Perencanaan penulangan sesuai SNI 03-2874-2002 menghasilkan struktur yang stabil, dengan tulangan utama D16-200 mm serta tulangan susut D19-200 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah, Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (1994). *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Teknik Fondasi I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Teknik Fondasi II*. Yogyakarta: Beta Offset
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Mekanika Tanah I*, Edisi Ke V. University Gadjah Mada Press. Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Mekanika Tanah 2*, Cetakan Kedua, Edisi Kelima. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hotasi, C. S., Yassin, H., & Kawanda, A. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Plaxis 2D. *Prosiding Seminar Intelektual Muda, September*, 306–313.
- (I.B), B. M. (1995). *"Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)" Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Sardjono, HS. (1991). *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1 dan Jilid 2*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Terzaghi, K. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Terzaghi, K. d. (1993). *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Tomlinson, M. J. (1977). *Pile Design and Construction Practice*. The Garden City Press.