

PENANGANAN LONGSORAN JALAN NASIONAL DENGAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER

Anwar Muda

Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Utara
Jalan Sakti Lubis No. 1 Medan (20219) Telepon 061-7864521
E-mail : anwarmuda@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berjudul “*Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dengan Dinding Penahanan Tanah Tipe Kantilever*”. Penelitian dilatarbelakangi bahwa jalan nasional sta 20+425, ruas 039 atau tepatnya di Desa Silaiya, Kecamatan Sayurmatangi, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, terjadi longsor sekitar 3 tahun lalu. Kemudian, longsor ini belum pernah dibangun dinding penahan tanah baik tipe gravitasi terbuat dari pasangan batu maupun kantilever atau bangunan lainnya.

Untuk itu, pada tahun 2021, telah dilakukan penanganan di longsor dengan dinding penahan tanah tipe kantilever. Adapun dimensi kantilever dengan panjang 22 meter, kedalaman 2,50 meter dari permukaan aspal dan lebar telapak 2,00 meter. Kemudian, tebal dinding atas 0,40 meter dan tebal dinding bawah 0,50 meter.

Tujuan penelitian ini untuk melakukan perhitungan dinding penahan tanah tipe kantilever apakah aman terhadap stabilitas guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah.

Hasil penelitian, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+425 ruas 039 aman terhadap guling, karena $FS_{\text{guling}} = 7,46 \geq FS = 2,00$. Sedangkan dinding penahan tanah aman terhadap geser, karena $FS_{\text{geser}} = 1,60 \geq FS = 1,50$ dan dinding penahan tanah aman terhadap daya dukung, karena $FS_{\text{daya dukung}} = 8,46 \geq FS = 3,00$.

Kata kunci : dinding, penahan, tanah, tipe, kantilever

ABSTRACT

This research is entitled "National Road Avalanche Management With Cantilever Type Soil Retaining Wall". The background of the research is that the national road sta 20+425, segment 039 or to be precise in Silaiya Village, Sayurmatangi District, South Tapanuli Regency, North Sumatra, an avalanche occurred about 3 years ago. Then, this landslide has never built a retaining wall, either gravity type made of masonry or cantilevered or other buildings.

For this reason, in 2021, landslide handling has been carried out with cantilever type retaining walls. The dimensions of the cantilever are 22 meters long, 2.50 meters deep from the asphalt surface and 2.00 meters wide. Then, the top wall thickness is 0.40 meters and the bottom wall thickness is 0.50 meters.

The purpose of this study was to calculate whether the cantilever type retaining wall is safe against overturning, sliding and soil bearing capacity.

The result of the research is that the cantilever type retaining wall of national road sta 20+425 section 039 is safe against overturning, because $FS_{\text{bolsters}} = 7.46 \geq FS = 2.00$. Meanwhile, retaining walls are safe against shear, because $FS_{\text{shear}} = 1.60 \geq FS = 1.50$ and retaining walls are safe against bearing capacity, because $FS_{\text{bearing capacity}} = 8.46 \geq FS = 3.00$.

Keywords : wall, retaining soil, type, cantilever

PENDAHULUAN

Penelitian ini berjudul “*Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dengan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever*”. Penelitian dilatarbelakangi bahwa di ruas jalan nasional sta 20+425, ruas 039 atau tepatnya di Desa Silaiya, Kecamatan Sayurmatangi, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, terjadi longsoran sekitar 3 tahun lalu. Kemudian longsoran ini belum pernah dibangun dinding penahan tanah baik tipe gravitasi terbuat dari pasangan batu maupun kantilever atau bangunan lainnya.

Longsoran ini sebenarnya terjadi pada tebing badan jalan dan merusak sebagian badan jalan sepanjang lereng 15 meter dan kedalaman 2,60 meter telah menghilangkan bahu jalan serta lapisan aspal. Karena longsoran ini merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan di daerah tropis basah (Hardiyatmo, 2012), maka banyak faktor yang menyebabkan terjadinya longsoran lereng seperti kondisi geologi dan hidrologi, tofografi, iklim, dan perubahan cuaca yang mengakibatkan terjadinya longsoran.

Untuk itu, pada tahun anggaran 2021, PPK 2.3 Provinsi Sumatera Utara melakukan penanganan longsoran di lokasi ini, dengan dinding penahan tanah tipe kantilever. Pada penelitian ini akan dibahas masalah penanganan longsoran dengan dinding penahan tanah dengan tipe kantilever seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Dinding penahan tanah tipe kantilever

(Sumber : Pelaksanaan 2021)

Penanganan longsoran di lokasi ini digunakan dinding penahan tanah kantilever dari beton bertulang, karena itu dimensi *stem* dan *base slab* menjadi relatif tipis. Selain bobotnya sendiri, dinding penahan tanah kantilever ini mengandalkan pada bobot masa tanah yang berada di atas *base slab*, untuk menjaga

stabilitasnya. Dinding penahan tanah ini cocok untuk menahan tanah yang tinggi hingga 8 meter (SNI 8460:2017)

Seringkali kaki dinding penahan tanah ini masih duduk di atas tanah yang jelek, karena itu terkadang diperlukan penguatan/perbaikan tanah untuk memperbaiki daya dukungnya. Penguatan tanah yang sering digunakan adalah dengan memancang tiang-tiang pendek, khususnya di bagian mukanya, tanpa disambung dengan *base slab*-nya, agar tiang tidak mengalami kegagalan geser (SNI 8460:2017).

Menurut Erly Bahsan sewaktu memberi kuliah mekanika tanah dengan topik dinding penahan tanah (*earth retaining wall*) di *Department of Civil Engineering, University of Indonesia*, yang diunggah di <https://www.youtube.com>, diakses 6 Maret 2022, bahwa apa saja yang harus diperhatikan untuk mendesain dinding penahan tanah. Beliau mengambil beberapa point yang disebutkan dari Craig (2006), dalam mendesain dinding penahan tanah yang harus dipertimbangkan adalah :

1. Stabilitas terhadap guling (*overturning*). Jadi dinding tersebut tidak boleh terguling akibat gaya dorong lateral dari tanah.
2. Tekanan pada dasar dinding tidak boleh melebihi kapasitas ultimit tanahnya. Ini seperti prinsip perhitungan fondasi dangkal yaitu tapak dindingnya diperlakukan untuk dalam perhitungan fondasi dangkal.
3. *Sliding*/geser, dinding tersebut tidak boleh tergeser dari tapaknya, dasarnya tidak boleh tergeser, dan beliau menyampaikan, bahwa ini 3 poin utama yang harus diperhatikan dalam mendesain dinding penahan tanah.

Kemudian beliau menyampaikan, bahwa apa saja yang terjadi kalau nilai – nilai keamanan tidak terpenuhi, kalau dari sisi guling tentu harus dirubah desainnya, berarti berat gravitasi/konsep gravitasinya belum terpenuhi. Momen tahanannya belum bisa mengalahkan momen dorong. Untuk mengalahkan momen dorong, momen tahanan harus diperbesar. Bagaimana memperbesarnya, salah satunya adalah dengan memperbesar desain dari dindingnya.

Selanjutnya beliau menyampaikan, bahwa kalau stabilitas terhadap gesernya tidak terpenuhi, dindingnya akan tergeser bisa diperbaiki dengan kunci geser (*shear key*). Kunci geser bisa dibuat dibawah tapaknya ada semacam pasak atau

tahanan/ganjalan, jadi dibawah dinding ditempatkan semacam ganjalan/rem supaya dindingnya tidak mudah tergeser itu yang disebut *shear key*. Secara umum yang harus dipertimbangkan dalam mendesain dinding penahan tanah adalah kestabilan terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah nya.

Untuk itu, pada penelitian ini akan dilakukan penanganan longsor di tepi badan jalan nasional sta 20+425, ruas 039 dengan membuat dinding penahan tanah tipe kantilever. Dinding penahan ini terbuat dari beton bertulang, dikhawatirkan sewaktu – waktu timbul pertanyaan, apakah dinding penahan ini aman terhadap longsor?. Pertanyaan harus dicoba dulu dengan perhitungan, nanti akan terlihat dari hasil perhitungan apakah aman atau tidak dinding penahan ini terhadap stabilitas guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan perhitungan dinding penahan tanah tipe kantilever apakah aman terhadap stabilitas guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah.

KAJIAN PUSTAKA

Penyelidikan Longsor

Longsor merupakan gerakan massa tanah pembentuk lereng. Penyebab dan sifat dari gerakan massa tanah atau longsor umumnya tidak bisa terlihat, karena penyebabnya tertutup oleh berbagai endapan geologi dan sistem air tanah. Untuk memprediksi sifat, bentuk dan penyebab longsor bukan suatu hal yang mudah. Ketelitian penyelidikan tanah atau longsor ditentukan oleh seberapa besar pengaruh longsor tersebut pada daerah sekitarnya dan juga terhadap derajat kerusakan yang membahayakan manusia. Dengan kata lain, semakin besar resiko akibat longsor semakin teliti penyelidikan tanah yang harus dilakukan (Hardiyatmo, 2012).

Prosedur Perancangan Dinding Penahan Tanah

Menurut Hardiyatmo (2020), secara umum, langkah – langkah hitungan perancangan struktur dinding penahan tanah dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Dipilih bentuk dinding penahan tanah, termasuk memilih dimensi dinding vertikal,

tebal dan lebar pelat fondasi. Untuk keperluan ini, Gambar 2.1 dapat dijadikan petunjuk awal.

- b. Dengan parameter – parameter tanah yang telah diketahui, dihitung gaya – gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan.
- c. Tentukan letak resultan gaya – gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
- d. Dihitung faktor aman terhadap penggulingan dan penggeseran.
- e. Dihitung tekanan yang terjadi pada dasar fondasi . Tekanan maksimum tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin (q_a).
- f. Dirancang bagian – bagian pembentuk struktur, seperti menghitung dimensi dan penulangan fondasi maupun dinding.

Dinding Kantilever

Bagian – bagian dinding kantilever terdiri dari dinding, pelat fondasi belakang dan pelat fondasi depan. Pada setiap bagian ini dirancang seperti merancang struktur kantilever. Untuk merancang pelat fondasi, tekanan tanah yang terjadi pada bagian dasar fondasi yang dihitung lebih dulu, yaitu dengan menganggap distribusi tekanan tanah linier.

Tekanan tanah dasar akibat beban dinding penahan yang terjadi pada ujung – ujung pelat fondasi yang dihitung dengan cara sebagai berikut :

dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Bila

$$e \leq \frac{B}{6} \quad \text{maka daya dukung} \quad q = \frac{V}{B} \left(\pm \frac{6e}{B} \right)$$

2. Bila

$$e > \frac{B}{6} \quad \text{maka daya dukung} \quad q_{maks} > \frac{2V}{3} (B - 2e)$$

dimana,

e = eksentrisitas (m)

B = Lebar fondasi (m)

q = daya dukung tanah (kN/m²)

Bila $e \leq B/6$, maka tekanan dinding ke tanah yang terjadi berbentuk trapezium, sedang bila $e > B/6$, maka diagram tekanan berupa segitiga. Pelat fondasi dianggap sebagai struktur

kantilever yang bentangnya dibatasi oleh bagian vertikal dari tubuh dinding penahan.

Stabilitas terhadap penggulingan

Tekanan lateral yang diakibatkan oleh tanah urug dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi. Faktor aman akibat terhadap penggulingan (F), didefinisikan :

$$F_{guling} \leq \frac{\sum M_w}{\sum M_g}$$

dengan,

F_{guling} = Faktor aman terhadap guling, tergantung pada jenis tanah, yaitu

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

$F_{guling} \leq 2$ untuk tanah dasar kohesif

$\sum M_w$ = Momen yang melawan penggulingan

$\sum M_g$ = Momen yang mengakibatkan penggulingan

Stabilitas terhadap penggeseran

Gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh gesekan antara tanah dengan dasar fondasi dan tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan. Faktor aman terhadap penggeseran didefinisikan sebagai berikut :

$$F_{geser} \leq \frac{\sum R_w}{\sum P_h}$$

Untuk tanah granular ($c = 0$), $\sum R_h = W \times \tan \delta$, dengan $\delta \leq \theta$

Untuk tanah $c - \theta$ ($\theta > 0$ dan $c > 0$), $\sum R_h = (ca \times B) + (W \times \tan \delta)$, dengan $\delta \leq \theta$

$\sum R_h$ = Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

W = Berat total dinding penahan tanah (kN)

δ = Sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi, biasanya diambil $(1/3 - 2/3) \theta$

$ca = a_d \times c$ = adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m²)

c = Kohesi tanah dasar (kN/m²)

a_d = Faktor adhesi

B = Lebar fondasi (m)

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Kapasitas dukung ultimit dihitung dengan menggunakan persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1975) untuk beban miring dan eksentris :

$$q_u = d_c \times i_c \times c \times N_c + d_q \times i_q \times D_f \times \gamma \times N_q + d_\gamma \times i_\gamma \times 0,5 B_\gamma \times N_\gamma$$

dengan,

d_c, d_q, d_γ = Faktor kedalaman

i_c, i_q, i_γ = Faktor kemiringan beban

B = Lebar dasar fondasi sebenarnya (m)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

N_c, N_q, N_γ = Faktor – faktor kapasitas dukung

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai :

$$F_{daya\ dukung} = \frac{q_u}{q} \geq 3$$

dengan, q = tekanan akibat beban struktur. Umumnya, faktor aman (F) terhadap keruntuhan tanah dasar minimum diambil 3. Tekanan struktur pada tanah dasar fondasi dapat dihitung dari persamaan – persamaan sebagai berikut :

- Bila dipakai cara lebar efektif fondasi (asumsi Meyerhof), $q =$
- Bila distribusi tekanan kontak antara tanah dasar fondasi dianggap linier (cara ini duku dipakai bila dalam hitungan kapasitas dukung digunakan Terzaghi) :

$$q = \frac{V}{B} \left(\pm \frac{6e}{B} \right) \quad \text{bila } e \leq \frac{B}{6}$$

$$q_{maks} > \frac{2V}{3} (B - 2e) \quad \text{bila } e > \frac{B}{6}$$

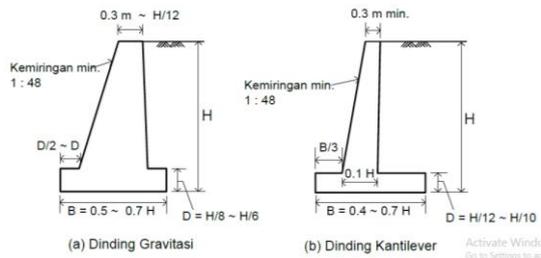
Dalam perancangan, lebar fondasi dinding penahan (B) sebaiknya dibuat sedemikian hingga $e < (B/6)$. Hal ini dimaksudkan agar efisiensi fondasi maksimum dan perbedaan tekanan fondasi pada ujung – ujung kaki dinding tidak besar (untuk mengurangi resiko keruntuhan dinding akibat penggulingan).

Sedangkan menurut SNI 8460:2017 bahwa dinding penahan tanah kantilever dibuat dari beton bertulang, karena itu dimensi *stem* dan *base slab* menjadi relatif tipis. Selain bobotnya sendiri, dinding penahan tanah kantilever ini mengandalkan pada bobot masa tanah yang berada di atas *base slab*, untuk menjaga stabilitasnya. Dinding penahan tanah ini cocok untuk menahan tanah yang tinggi, hingga 8 m.

Seringkali kaki dinding penahan tanah ini masih duduk di atas tanah yang jelek, karena itu terkadang diperlukan/perbaikan tanah untuk memperbaiki daya dukungnya. Perkuatan tanah yang sering digunakan adalah dengan memancang tiang-tiang pendek, khususnya di bagian mukanya, tanpa disambung dengan *base*

slab-nya, agar tiang tidak mengalami kegagalan geser.

CATATAN – Gambar 2.1 merangkum perkiraan awal dimensi dinding penahan tanah baik untuk tipe gravitasi, tipe kantilever, maupun tipe kantilever dengan pengaku, yang dinyatakan sebagai fungsi dari tinggi tanah H .



Gambar 2.1 Dimensi tipikal dinding penahan tanah

(Sumber : SNI 8460 : 2017)

Menurut (Redana, 2009), dimensi dinding penahan tanah yang akan dibangun diketahui sesuai kebutuhan di lapangan. Batas tinggi dinding penahan tanah dari batu adalah 3 – 4 meter, sedang untuk dinding beton adalah 4 – 5 meter. Dinding kantilever yang lebih tinggi dari 7 meter harus memakai *counterfort*. Dinding dengan tinggi 7 – 9 meter sebaiknya memakai angker. Penambahan tinggi dinding membuat dinding menjadi tidak ekonomis.

Dinding kantilever biasanya di cor di tempat dan ukuran *stem*, *toe* dan *heel* direncanakan untuk bisa menahan beban geser dan bending momen maksimum. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan keruntuhan dinding penahan tanah, antara lain stabilitas terhadap *overturning*, geser (*sliding*), dan *settlement* pada *toe*.

Sedangkan (Nakazawa, dkk, 2000) berpendapat, bahwa tembok penahan adalah bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran tofografi tempat itu, bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah. Terutama, bila jalan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau atau tanah paya, tembok penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan fondasi yang kokoh.

Tembok penahan seperti tembok penahan beton bertulang dengan balok kantilever tersusun dari suatu tembok memanjang dan suatu pelat lantai. Masing – masing berlaku sebagai balok kantilever dan kemantapan dari tembok didapatkan dengan berat badannya sendiri dan berat tanah di atas tumit pelat lantai. Karena tembok penahan jenis ini relative ekonomis dan juga relatif mudah dilaksanakan, maka jenis ini juga dipakai dalam jangkauan yang luas.

Pada kondisi aktif sembarang elemen tanah akan sama seperti benda uji dalam alat triaksial yang diuji dengan penerapan tekanan sel yang dikurangi, sedang tekanan aksial tetap. Ketika tekanan horizontal dikurangi pada suatu nilai tertentu, kuat geser tanah pada suatu saat akan sepenuhnya berkembang dan tanah kemudian mengalami keruntuhan. Gaya horizontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horizontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active pressure*) atau K_a . Bila dinyatakan dengan rumus!

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta}$$

Sekarang bila tanah ditekan dalam arah horizontalnya, sembarang elemen tanah akan sama kondisinya seperti keadaan benda uji dalam alat triaksial yang dibebani sampai runtuh melalui penambahan tekanan sel sedang tekanan aksial tetap. Nilai banding tegangan horizontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan koefisien tekanan pasif (*coefficient of passive pressure*) atau K_p (Hardiyatmo, 2010). Bila dinyatakan dengan rumus :

$$K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$$

Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Dengan Permukaan Horisontal

Dari Gambar 2.2 memperlihatkan dinding penahan tanah dengan urug tak berkoheisi seperti pasir ($c = 0$), dengan berat volume γ dan sudut gesek dalam θ , dan tidak terdapat air tanah. Untuk kedudukan aktif Rankine, tekanan tanah aktif (p_a) pada dinding penahan tanah pada sembarang kedalaman dapat dinyatakan oleh :

$$p_a = z \gamma K_a ; \text{ untuk } c = 0$$

Tekanan tanah aktif total (P_a) untuk dinding penahan tanah setinggi H sama dengan luas diagram tekanannya (Gambar 2.1a), yaitu :

$$P_a = \frac{1}{2} H^2 \gamma K_a$$

Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif Rankine, diperlihatkan dalam Gambar 2.1b. **Tekanan tanah pasif** (p_p) pada sembarang kedalaman dinyatakan oleh :

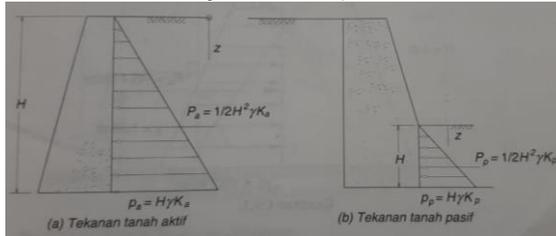
$$P_p = z \gamma K_p ; \text{ untuk } c = 0$$

Tekanan tanah pasif pada dasar dinding penahan tanah :

$$P_p = H \gamma K_p$$

Tekanan tanah pasif total (P_p) adalah luas diagram tekanan tanah pasifnya, yaitu :

$$P_p = \frac{1}{2} H^2 \gamma K_p$$

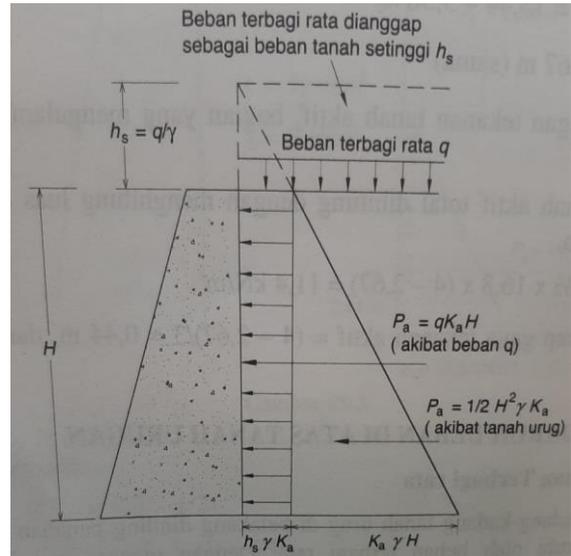


Gambar 2.1 Distribusi tekanan tanah aktif dan pasif
 (Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Pengaruh Beban Terbagi Rata di atas Tanah Urugan

Kadang – kadang tanah urug di belakang dinding penahan tanah dipengaruhi oleh beban terbagi rata. Dengan menganggap beban terbagi rata q sebagai beban tanah setebal h_s dengan berat volume γ tertentu, maka tinggi lapisan tanah $h_s = q/\gamma$ (Gambar 2.3). Tekanan tanah lateral pada kedalaman h_s dari tinggi tanah anggapan (atau di permukaan tanah urug) akan sebesar :

$$p_a = h_s \gamma K_a$$



Gambar 2.3 Tekanan tanah lateral akibat beban terbagi rata
 (Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Jadi, akibat adanya beban terbagi rata ini, tambahan tekanan tanah aktif total pada dinding penahan tanah setinggi H dapat dinyatakan oleh persamaan :

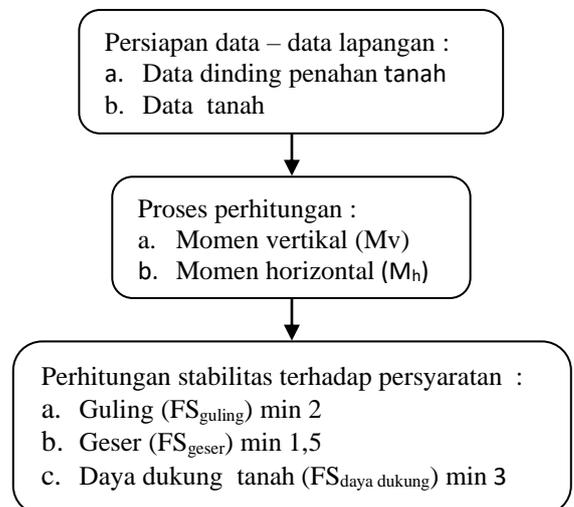
$$P_a = q H K_a$$

Diagram tekanan tanah aktif akibat beban terbagi rata ini akan berupa segi empat dengan tinggi H dan lebar sisi qK_a .

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur dan Langkah – langkah Penelitian

Prosedur dan langkah – langkah penelitian seperti Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Prosedur dan Langkah – langkah penelitian

Rancangan Penelitian

Untuk merancang penelitian ini, dilakukan tahapan – tahapan perhitungan stabilitas dinding penahan tanah antara lain :

Stabilitas terhadap guling (*overturning*)

Perhitungan stabilitas terhadap guling (*overturning*) dimulai dengan menghitung momen vertikal (M_v) dengan membagi masing – masing bagian dinding penahan tanah yaitu berat beton per meter dikali jarak titik berat ke titik A. Selanjutnya, jumlahkan keseluruhan momen vertikal (M_v) yang ada, dan ini yang dinamakan istilah momen tahanan. Kemudian, menghitung momen horizontal (M_h) didapatkan dari nilai tekanan aktif (p_a) akibat tanah sendiri maupun akibat beban pada kedalaman dinding penahan tanah (H) di kali jarak titik berat ke titik A. Selanjutnya, jumlahkan keseluruhan momen horizontal (M_h) yang ada, dan ini yang dinamakan istilah momen dorong. Sehingga, jika stabilitas dinding penahan tanah aman terhadap guling (*overturning*) jika terpenuhi faktor keamanan (*Safety Factor*), $FS = M_v / M_h \geq 2$.

Stabilitas terhadap geser (*sliding*)

Perhitungan stabilitas terhadap geser (*sliding*) dimulai dengan menghitung jumlah keseluruhan gaya vertikal dinding penahan tanah (W_v). Selanjutnya, menghitung jumlah keseluruhan gaya horisontal tanah (P_a). Sehingga, jika stabilitas dinding penahan tanah aman terhadap geser (*sliding*) jika terpenuhi faktor keamanan (*safety factor*), $FS = W_v / P_a \geq 1,5$ (rumus ini berlaku jika tidak ada sudut gesek (δ) antara dinding penahan tanah dan tanah urug atau permukaan dinding dianggap licin sempurna. Kemudian tanah urug tidak berkohesi ($c = 0$), (Rankine, 1857 dalam Hardiyatmo,2020).

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah dimulai dengan menghitung daya dukung tanahnya (q_u). Dimana q_u adalah daya dukung berdasarkan kekuatan tanah diambil berdasarkan fondasi memanjang rumus (Terzaghi, 1943) yaitu $q_u = c N_c + Df \cdot \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma$. Selanjutnya, menghitung daya dukung berdasarkan dinding penahan tanah yaitu bila distribusi tekanan kontak antara tanah dasar fondasi dianggap linier (q), maka daya dukung $q = V/B + (1 \pm 6e/B)$ bila $e = B/6$.

Dalam perancangan, lebar fondasi dinding penahan tanah (B) sebaiknya $e < B/6$. Sehingga, jika stabilitas dinding penahan tanah aman terhadap daya dukung tanah jika terpenuhi faktor keamanan (*safety factor*), $FS = q_u/q \geq 3$.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jalan nasional sta 20+425, ruas 039 atau tepatnya di Desa Silaiya, Kecamatan Sayurmatiggi, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, seperti Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.2 Peta lokasi penelitian Desa Silaiya
(Sumber : (<https://www.google.com/maps/place>))



Gambar 3.3 Lokasi penelitian Desa Silaiya
(Sumber : Pelaksanaan 2021)

Aspek yang Diteliti

Aspek yang diteliti pada penelitian ini adalah untuk melakukan upaya penanganan longsor dengan dinding penahan tanah tipe kantilever . Dinding kantilever ini akan dihitung dengan tujuan apakah dinding penahan ini aman atau tidak terhadap guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah.

HASIL PENELITIAN

Data dinding penahan tanah antara lain :

H = 2,50 meter

B=2,00 meter

Data tanah antara lain :

$\gamma_b = 16,50 \text{ kN/m}^3$ (backfill)

$\gamma_t = 16,15 \text{ kN/m}^3$ (tanah asli)

$\theta = 28,5^\circ$, faktor daya dukung Hansen :

$N_c = 11,89$, dan $N_\gamma = 26,83$ dan $K_a = 0,35$

$c = 0$ (backfill)

$c_l = 20,15 \text{ kN/m}^2$ (tanah asli)

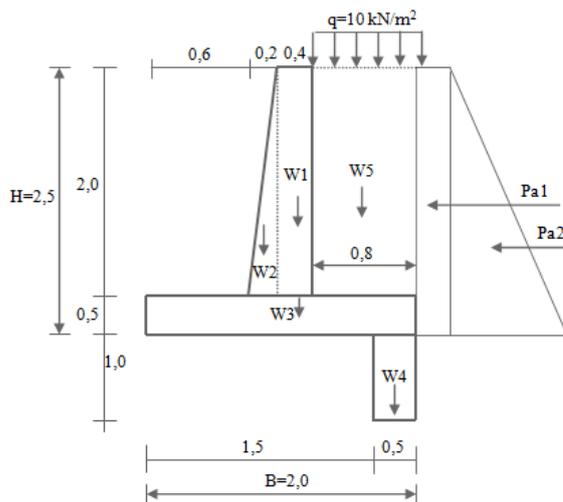
$\theta_1 = 21,3^\circ$ (tanah asli),

Data beton bertulang :

$\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$

$f'_c = 30$

Profil dinding kantilever seperti Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Profil dinding kantilever

(Sumber : Hasil perhitungan 2021)

Perhitungan gaya vertikal dan momen terhadap titik A seperti pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hitungan gaya – gaya vertikal dan momen vertikal

(Sumber : Hasil perhitungan 2021)

No	Berat W (kN)	Jarak dari A (m)	Momen (kNm)	
1	0,4 x 2 x 24	19,20	1,00	19,20

2	$\frac{1}{2} \times 0,2 \times 2 \times 24$	4,80	0,73	3,50
3	$2 \times 0,5 \times 24$	24,00	1,00	24,00
4	$1 \times 0,5 \times 24$	12,00	1,75	21,00
5	$0,8 \times 2 \times 16,5$	26,40	1,60	42,24
		$\sum W = 86,40$		$\sum M_v = 109,94$

Perhitungan tekanan tanah aktif dan momen terhadap titik A seperti pada Tabel 4.2. berikut :

Tabel 4.2 Perhitungan tekanan tanah aktif dan momen horisontal

(Sumber : Hasil perhitungan 2021)

No	Tekanan tanah aktif P_a (kN)	Jarak dari A (m)	Momen (kNm)	
1	$2 \times 10 \times 0,35$	7,00	1,00	7,00
2	$\frac{1}{2} \times 16,5 \times 2^2 \times 0,35$	11,55	0,67	7,74
		$\sum P_a = 18,55$		$\sum M_h = 14,74$

Stabilitas terhadap guling (overturning)

$$FS \text{ guling} = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} = \frac{109,94}{14,74} = 7,46 \geq 2$$

(aman)

Stabilitas terhadap geser (sliding)

$$FS \text{ geser} = \frac{\sum W \times \tan(2/3 \times 28,5^\circ)}{\sum P_a} = \frac{29,72}{18,55} = 1,60 \geq 1,5 \text{ (aman)}$$

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

a. Berdasarkan daya dukung dinding penahan

1. Nilai resultant gaya vertikal
 $x_e = (\sum M_v - \sum M_h) / \sum W = (109,94 - 14,74) / 86,40 = 1,10 \text{ m}$

2. Nilai eksentrisitas
 $e = B/2 - x_e = 1 - 1,10 = -0,10 \leq B/6 = 0,33$

3. Lebar efektif :
 $B' = B - 2e = 2 - (2 \times 0,10) = 1,80 \text{ m}$

4. Luas efektif :
 $A' = B' \times 1 = 1,80 \text{ m}^2$

5. Daya dukung dinding penahan :

$$q_{maks} = q_{min} = (\sum W/B) (1 \pm 6e/B)$$

$$q_{maks} = (\sum W/B (1+6e/B)) = 86,40/2(1+6 \times 0,10/4) = 49,68 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = (\sum W/B (1-6e/B)) = 86,40/2(1-6 \times 0,1/4) = 36,72 \text{ kN/m}^2$$

b. Berdasarkan daya dukung tanah

Pada perhitungan ini, fondasi dinding penahan tanah dianggap terletak di permukaan, sehingga $D_f = 0$, faktor kedalaman $d_c=d_q=d_\gamma=1$, faktor bentuk $s_c=s_q=s_\gamma=1$. Untuk perhitungan daya dukung ultimit (q_u) digunakan persamaan Hansen (1961) dengan faktor kemiringan beban (*inklinasi*), yaitu :

$$i_q = \{1 - (0,5xH)/(V+A' \times c_1 \times \text{ctg } \theta)\}^5$$

$$= \{1 - (0,5 \times 18,55)/(86,40+1,80 \times 20,15 \times 1,78)\}^5$$

$$= 0,73$$

$$i_c = i_q - (1-i_q)/N_c \times \text{tg } \theta$$

$$= 0,73 - (1 - 0,73)/11,89 \times 0,56$$

$$= 0,69$$

$$i_\gamma = \{1 - (0,7 \times H)/(V+A' \times c_1 \times \text{ctg } \theta)\}^5$$

$$= \{1 - (0,7 \times 18,55)/(86,40+1,80 \times 20,15 \times 1,78)\}^5$$

$$= 0,65$$

Daya dukung tanah :

$$q_u d_c \times i_c \times c \times N_c + d_q i_q \times D_f \times \gamma \times N_q + d_\gamma i_\gamma \times 0,5 \times B' \times \gamma \times N_\gamma$$

$$q_u = i_c \times c \times N_c + i_\gamma \times 0,5 \times B' \times \gamma \times N_\gamma$$

$$q_u = 0,69 \times 21,3 \times 11,89 + 0,65 \times 0,5 \times 1,80 \times 16,15 \times 26,83$$

$$q_u = 428,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{FS daya dukung tanah} = q_u/q_{maks}$$

$$= 428,23/49,68$$

$$= 8,62 \geq 3 \text{ (aman)}$$

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, bahwa stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+425 ruas 039 diperoleh nilai faktor keamanan terhadap guling (*overturning*) sebesar $\text{FS} = 7,46$. Sedangkan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser (*sliding*) didapatkan FS sebesar $= 1,60$. Kemudian, stabilitas dinding penahan tanah terhadap daya dukung tanah didapatkan nilai FS sebesar 8,62.

Menurut SNI 8460 : 2017 bahwa stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+425, ruas 039 aman terhadap guling (*overturning*), karena nilai (*safety factor*) terhadap guling (*overturning*) hasil perhitungan didapatkan sebesar $\text{FS} = 7,46 \geq \text{FS} = 2,00$ (SNI 8460 : 2017). Kemudian, stabilitas dinding penahan terhadap geser (*sliding*) aman, karena nilai (*safety factor*) terhadap geser (*overturning*) hasil perhitungan didapatkan

sebesar $\text{FS} = 1,60 \geq \text{FS} = 1,50$ (SNI 8460 : 2017). Selanjutnya, stabilitas dinding penahan tanah aman terhadap daya dukung tanah, karena nilai (*safety factor*) terhadap daya dukung tanah hasil perhitungan didapatkan sebesar $\text{FS} = 8,62 \geq \text{FS} = 3,00$ (SNI 8460 : 2017).

Kemudian, Hardiyatmo (2020) berpendapat, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+425, ruas 039 aman terhadap guling (*overturning*), karena momen pengguling sebesar 14,74 kNm ini, mampu dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi sebesar 109,94 kNm. Selanjutnya, terhadap geser (*sliding*), dinding penahan ini juga aman terhadap geser (*sliding*), karena gaya - gaya yang menggeser dinding penahan tanah sebesar 18,55 kN masih mampu ditahan oleh gesekan antara tanah dengan dasar fondasi sebesar 86,40 kN. Sedangkan terhadap daya dukung nya, dinding penahan tanah masih aman terhadap daya dukung tanah karena daya dukung maksimum dinding penahan tanah sebesar 49,68 kN/m² masih mampu didukung oleh tanah sebesar 428,23 kN/m².

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, bahwa upaya penanganan longsor dengan dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+425, ruas 039 jalan nasional aman terhadap guling (*overturning*), karena FS guling $= 7,46 \geq \text{FS} = 2,00$. Kemudian, dinding penahan tanah aman terhadap geser (*sliding*), karena FS geser $= 1,60 \geq \text{FS} = 1,50$ dan dinding penahan tanah aman terhadap daya dukung tanah karena FS daya dukung $= 8,62 \geq \text{FS} = 3,00$.

Saran

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+425 ruas 039 aman terhadap guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah. Namun perlu disarankan untuk dapat melakukan penelitian lanjutan dengan lokasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Das, BM, 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*, The University of Texas at El Paso.
- [2] Donald D, 2019, *Jurnal Realtech Volume 15, Nomor 2 Oktober 2019*, Program Studi

- Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.
- [3] Erly B, *Earth Retaining Wall*, <https://www.youtube.com/=WWxwJK9U4UM&t=1001s>, diakses 5 Maret 2022.
- [4] Hardiyatmo HC, 2010, *Mekanika Tanah 2, Edisi Kelima*, Gadjra Mada University Press
- [5] Hardiyatmo HC, 2012, *Tanah Longsor & Erosi*, Gadjra Mada University Press
- [6] Hardiyatmo, HC, 2020, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjra Mada University Press
- [7] Nakazawa K, dkk, 2000, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- [8] Redana IW, 2009, *Teknik Pondasi*, Udayana University Press
- [9] Wagola, ES, dan Rasyid, M, 2020, *Rekayasa Sipil, Volume 14, No. 1 – 2020*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Iqra Buru, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku.
- [10] Wesley, LD, 2012, *Mekanika Tanah Untuk Tanah dan Endapan*, Andy Yogyakarta.