

**PENANGANAN LONGSORAN JALAN NASIONAL PADANGSIDIMPUAN – BATAS SUMATERA
BARAT DENGAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER**

***NATIONAL ROAD SLIDE MANAGEMENT PADANGSIDIMPUAN – WEST SUMATRA BORDER
WITH CANTILEVER TYPE SOIL RETAINING WALL***

Anwar Muda¹

¹Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Utara
Korespondensi: anwarmuda@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dilatarbelakangi bahwa jalan nasional sta 20+550, ruas 039 atau tepatnya di Desa Silaiya, Kecamatan Sayurmatangi, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, terjadi longsor sekitar 3 tahun lalu. Kemudian, lokasi longsor ini belum pernah dilakukan penanganan baik bangunan dari pasangan batu maupun kantilever atau bangunan lainnya. Untuk itu, dilakukan penanganan longsor dengan dinding penahan tanah tipe kantilever panjang 22 meter, kedalaman 2,60 meter dari permukaan aspal dan lebar pelat dasar 2,00 meter. Kemudian, tebal dinding atas 0,40 meter dan bawah 0,50 meter. Tujuan penelitian ini adalah melakukan perhitungan apakah dinding penahan tanah tipe kantilever aman terhadap stabilitas guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah. Hasil perhitungan, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+550 ruas 039 aman terhadap guling, karena $FS_{\text{guling}} = 8,72 \geq FS = 2,00$. Kemudian, dinding penahan ini aman terhadap geser, karena $FS_{\text{geser}} = 1,53 \geq FS = 1,50$ dan aman terhadap daya dukung, karena $FS_{\text{daya dukung}} = 4,16 \geq FS = 3,00$.

Kata kunci : Penanganan, Longsor, Dinding penahan, Kantilever

ABSTRACT

The background of the research is that the national road sta 20+550, section 039 or to be precise in Silaiya Village, Sayurmatangi District, South Tapanuli Regency, North Sumatra, an avalanche occurred about 3 years ago. Then, the location of this avalanche has never been handled either by masonry or cantilevered buildings or other structures. For this reason, landslide management is carried out with a cantilever type retaining wall 22 meters long, 2.60 meters deep from the asphalt surface and a base plate width of 2.00 meters. Then, the top wall thickness is 0.40 meters and the bottom is 0.50 meters. The result of the calculation is that the cantilever type retaining wall for national road sta 20+550 section 039 is safe against overturning, because $FS_{\text{bolsters}} = 8.72 \geq FS = 2.00$. Then, this retaining wall is safe against shear, because $FS_{\text{shear}} = 1.53 \geq FS = 1.50$ and safe against bearing capacity, because $FS_{\text{bearing capacity}} = 4.16 \geq FS = 3.00$.

Keywords : Handling, Landslide, Retaining wall, Cantilever

PENDAHULUAN

Penelitian ini berjudul “*Penanganan Longsoran Jalan Nasional Sta 20+550 Ruas 039 Dengan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever*”. Penelitian dilatarbelakangi bahwa di ruas jalan nasional sta 20+550, 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.

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 – 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 tipe kantilever seperti Gambar 1.1



Gambar 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 perkuatan/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 (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 longsoran di tepi badan jalan nasional sta 20+550, 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 longsoran?. 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 penelitian ini untuk melakukan perhitungan apakah dinding penahan tanah tipe kantilever aman terhadap stabilitas guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

Penyelidikan Longsoran

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

1. 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.
2. Dengan parameter – parameter tanah yang telah diketahui, dihitung gaya – gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan.
3. Tentukan letak resultan gaya – gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.

4. Dihitung faktor aman terhadap penggulingan dan penggeseran.
5. Dihitung tekanan yang terjadi pada dasar fondasi . Tekanan maksimum tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin (q_a).
6. 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:

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

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

dimana,

e = eksentrisitas (m)

B = lebar fondasi (m)

q = daya dukung tanah (kN/m^2)

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 akibatkan 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 :

$$F_{guling} \leq \frac{\sum Mw}{\sum Mg}$$

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 :

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

Untuk tanah granular ($c = 0$)

$\sum R_h = W \times \text{tg } \delta$, dengan $\delta \leq \theta$

Untuk tanah $c - \theta$ ($\theta > 0$ dan $c > 0$),

$\sum R_h = (c_a \times B) + (W \times \text{tg } \delta)$ 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 $(1/3 - 2/3) \theta$

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

c = Kohesi tanah dasar (kN/m²)

a_d = Faktor adhesi

B = Lebar fondasi (m)

Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas 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 :

1. Bila dipakai cara lebar efektif fondasi (asumsi Meyerhof), $q =$

2. Bila distribusi tekanan kontak antara tanah dasar fondasi dianggap linier (cara ini duku dipakai bila dalam hitungan kapasitas dukung digunakan Terzaghi):

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

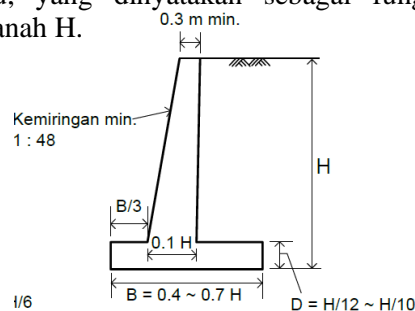
$$q_{maks} > \frac{2V}{3} (B - 2e) \text{ bila } e > \frac{B}{6}$$

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 perkuatan/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.

Gambar 2 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. 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 topografi 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 tumpuan pelat lantai. Karena tembok penahan jenis ini relative ekonomis dan juga relatif mudah dilaksanakan, maka jenis ini juga dipakai dalam jangkauan yang luas.

Pemeriksaan stabilitas dinding penahan dan faktor keamanan

Setiap dinding penahan tanah harus diperiksa stabilitasnya terhadap guling, geser lateral, dan daya dukung tanah. Faktor keamanan yang disyaratkan adalah :

1. Faktor keamanan terhadap guling min 2
2. Faktor keamanan terhadap geser min 1,5
3. Faktor keamanan terhadap daya dukung min 3 (SNI 8460 : 2017)

Teori Rankine

Untuk menghitung tekanan tanah dalam penelitian ini dilakukan secara analitis dengan metode Rankine. Dalam teori ini untuk menentukan tekanan tanah pada dinding dalam keadaan aktif dan pasif. Rankine tidak memeriksa suatu mekanisme keruntuhan, tetapi menyelidiki keadaan tegangan pada suatu elemen tanah tertentu di dalam massa tanah di belakang dinding. Rankine melakukan hal ini berdasarkan pada anggapan bahwa dinding tegak dan tidak ada gesekan antara dinding dengan tanah dan juga tidak ada air pori. Kemudian permukaan bidang tegak dianggap rata dan arah gaya tekanan dengan bidang permukaan tanah (Sunggono, 1989).

Baik pada keadaan aktif maupun pasif, tanah dianggap mencapai keadaan keruntuhan atau dengan istilah lain, dalam keadaan “keseimbangan plastis”. Pada keadaan aktif, tegangan vertical adalah tegangan utama besar dan tegangan horizontal (tegangan utama kecil) menjadi tekanan Rankine aktif σ_a . Bidang keruntuhan terdapat dengan sudut kemiringan sebesar $45^\circ + \theta/2$ terhadap horizontal. Pada keadaan pasif, tegangan horizontal yaitu tekanan Rankine pasif menjadi lebih besar dari pada tegangan vertical sehingga merupakan tegangan utama besar. Bidang keruntuhan sekarang terdapat dengan sudut kemiringan sebesar $45^\circ - \theta/2$ vertical. (Wesley, 2012).

Ditinjau suatu tanah tak berkohesi yang homogen dan isotropis yang terletak pada ruangan semi tak terhingga dengan permukaan horizontal dan dinding penahan vertikal berupa dinding yang licin sempurna. Untuk mengevaluasi tekanan tanah aktif dan tahanan tanah pasif, ditinjau kondisi keseimbangan batas pada suatu elemen di dalam tanah dengan kondisi permukaan yang horizontal dan tidak ada tegangan geser pada kedua bidang vertikal maupun horizontalnya. Dianggap tanah ditahan dalam arah horizontal.

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 :

$$K_a = \tan^2 (45 - \theta/2)$$

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 :

$$K_p = \tan^2 (45 + \theta/2)$$

Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Dengan Permukaan Horizontal

Dari Gambar 3 memperlihatkan dinding penahan tanah dengan urug tak berkoheesi 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 tekannya, yaitu :

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

Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif Rankine. **Tekanan tanah pasif** (p_p) pada sembarang kedalaman dinyatakan oleh :

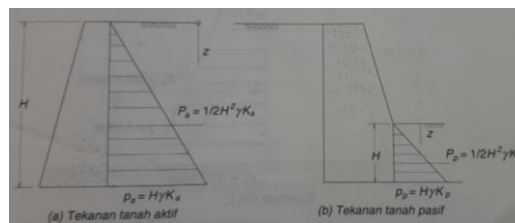
$$P_p = z \gamma K_p ; \text{ untuk } c = 0$$

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 :

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

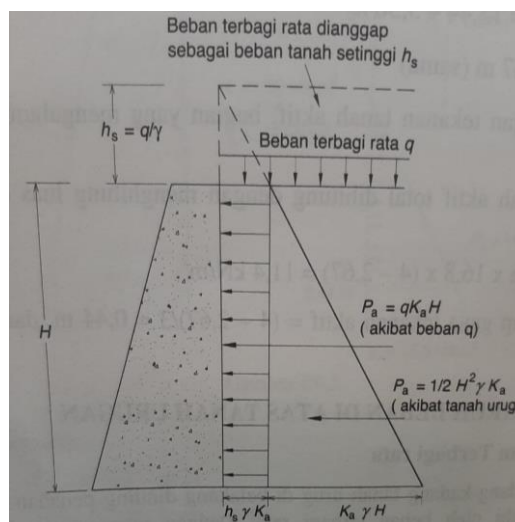


Gambar 3. Distribusi tekanan tanah aktif dan pasif Rankine untuk permukaan tanah horizontal (Sumber : Hardiyatmo, 2010)

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 4). 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 4. 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 .

Studi Pustaka

Erwin Syaiful Wagola dan Mentari Rasyid (2020) melakukan penelitian dengan judul *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada Landfill TPA Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku* yang telah dipublikasikan di *Rekayasa Sipil*, Volume 14, No. 1 – 2020, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Iqra Buru, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku.

Permasalahan di lokasi penelitian ini adalah apakah dinding penahan yang dibangun dengan tipe kantilever dengan mutu beton normal K-225 mampu menahan *landfill* TPA di kota Masohi terhadap gaya lateral akibat tekanan tanah yang berpotensi menimbulkan pergeseran, pergulingan dan penurunan daya dukung tanah akibat aktivitas yang terjadi disekitar dinding.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever pada *Landfill* TPA di Kota Masohi yang menggunakan beton normal sebagai bahan penyusun konstruksi terhadap tekanan tanah lateral yang berpotensi menimbulkan gaya pergeseran, penggulingan, serta ketahanan kuat dukung tanah.

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa, stabilitas dinding terhadap pergeseran, pergulingan serta ketahanan terhadap kuat dukung tanah masi aman dimana hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *Safety Faktor* (FS) untuk tiga faktor pembebanan ≥ 2 dimana masing-masing nilai *Safety Faktor* untuk tiga kondisi adalah $FS_{guling} = 2.94$, $FS_{geser} = 6.34$ dan $FS_{daya dukung} = 4.77$, sedangkan nilai FS hasil analisis dengan aplikasi berbasis *Finite Element Method* adalah $FS = 2.0$.

Donald Donny Supit (2019) melakukan penelitian yang berjudul *Analisis Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek Intercange Manado* yang dipublikasikan di *Jurnal Realtech* Volume 15, Nomor 2 Oktober 2019, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.

Bagian pendahuluan terlihat dalam penelitiannya bahwa dalam mendesain dinding penahan tanah sering digunakan metode manual. Metode ini kurang efisien karena memerlukan

waktu dan tenaga, sehingga diperlukan program bantu untuk mempermudah kontrol terhadap perhitungan manual dan penggunaan program bantu ini memiliki keakurasian yang tinggi. Hal ini tidak dapat dilepaskan dari peran perancang dan pembuat dinding penahan tanah di sepanjang tebing dan lainnya untuk memperhitungkan kekuatan dinding penahan tanah tersebut. Dinding penahan dapat dikatakan aman apabila dinding penahan tersebut telah diperhitungkan faktor keamanannya, baik terhadap bahaya pergeseran, bahaya penggulingan, penurunan daya dukung tanah, dan patahan.

Berkaitan dengan pendahuluan di atas, peneliti mencoba melakukan suatu studi Analisis Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah untuk Proyek *Interchange* Manado.

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada dinding penahan tanah tipe kantilever dengan menggunakan data tanah hasil uji laboratorium untuk lokasi Proyek *Interchange* Manado maka didapatkan **1.** Stabilitas guling (F_s guling) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan dan penggerusan. Nilai stabilitas dinding penahan tanah dengan kondisi asli adalah F_s *Overtuning* 6,912, nilai F_s *Overtuning* ≥ 2 , Kecenderungan nilai F_s guling semakin bertambah seiring dengan bertambahnya lebar alas dinding penahan tanah tersebut. **2.** Stabilitas geser (F_s geser) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan dan penggerusan. Nilai F_s *sliding* 5,356 ≥ 2 , kecenderungan nilai F_s geser semakin bertambah seiring dengan bertambahnya lebar alas dinding penahan tanah tersebut. **3.** Eksentrisitas (e) dinding penahan tanah untuk memperoleh nilai stabilitas keruntuhan daya dukung tanah (F_s *bearing capacity*) memenuhi faktor keamanan $0,011 \leq B/6 = 0,82$. **4.** Stabilitas keruntuhan daya dukung tanah (F_s daya dukung) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan dan penggerusan. nilai F_s *bearing capacity* 25,302 ≥ 3.5).

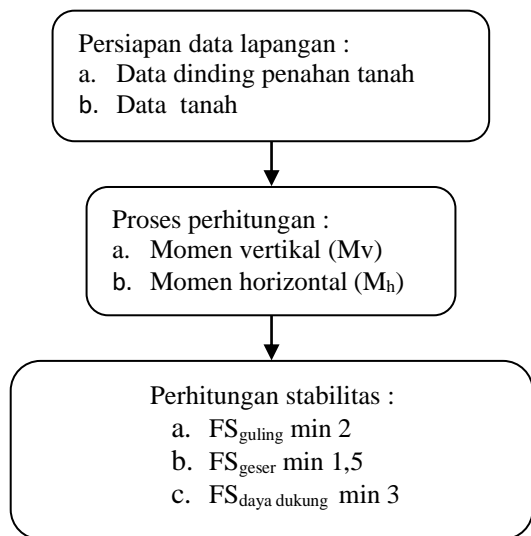
METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di ruas jalan nasional sta 20+550, ruas 039, Kabupaten Tapanuli Selatan. Sedangkan waktu penelitian dimulai 10 Nopember – 5 Desember 2021

Prosedur dan Langkah – langkah Penelitian

Prosedur dan langkah – langkah penelitian seperti Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Prosedur dan Langkah – langkah penelitian

Rancangan Penelitian

Untuk merancang penelitian ini, dilakukan tahapan – tahapan perhitungan stabilitas dinding penahan 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 horisontal (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 horisontal (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*), $FS = \frac{M_v}{M_h} \geq 2$.

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*), $FS = \frac{W_v}{P_a} \geq 1,5$ (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 berkoheisi ($c = 0$), (Rankine, 1857 dalam Hardiyatmo,2020).

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah dimulai dengan menghitung daya dukung tanah nya (q_u). Dimana q_u adalah daya dukung berdasarkan kekuatan tanah diambil berdasarkan fondasi memanjang rumus (Terzaghi, 1943) yaitu $q_u = c N_c + Df. \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma$. 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+550, ruas 039 atau tepatnya di Desa Silaiya, Kecamatan Sayurmatiggi, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, seperti Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 berikut.



Gambar 5. Peta lokasi penelitian Desa Silaiya (Sumber:<https://www.google.com/search?q=peta+desa+silaiya>)



Gambar 6. Lokasi penelitian Desa Silaiya (Sumber : Pelaksanaan 2021)

Aspek yang Diteliti

Aspek yang diteliti pada penelitian ini adalah untuk melakukan upaya penanganan longsoran 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 DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data dinding penahan tanah antara lain:

H = 2,60 meter

B = 2,00 meter

Data tanah antara lain :

$\gamma_b = 16,80 \text{ kN/m}^3$ (*backfill*)

$\gamma_t = 16,45 \text{ kN/m}^3$ (tanah asli)

$\theta = 29,98^\circ$, faktor daya dukung Hansen :

$N_c = 16,08$, dan

$N_\gamma = 15,02$

dan $K_a = 0,28$

$c = 0$ (*backfill*)

$c_l = 20,35 \text{ kN/m}^2$ (tanah asli)

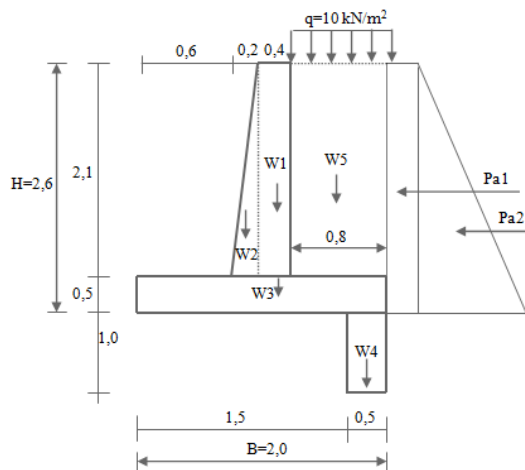
$\theta_1 = 21,25^\circ$ (tanah asli),

Data beton bertulang :

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

$f'_c = 30$

Profil dinding penahan tanah tipe kantilever seperti Gambar 7 berikut :



Gambar 7. Profil dinding penahan tanah tipe kantilever

(Sumber : Hasil perhitungan 2021)

Perhitungan gaya vertikal dan momen terhadap titik A seperti pada Tabel 1. berikut :

Tabel 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 2,1 x 24	20,16	1,00	20,16
2	½ x 0,2 x 2,1 x 24	5,04	0,73	3,68
3	2 x 0,5 x 24	24,00	1,00	24,00
4	1 x 0,5 x 24	12,00	1,75	21,00
5	0,8 x 2 x 16,8	26,88	1,60	43,01
	$\Sigma W = 88,08$			$\Sigma M_v = 111,85$

Perhitungan tekanan tanah aktif dan momen terhadap titik A seperti pada Tabel 2. berikut:

Tabel 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	$2,1 \times 10 \times 0,28$	5,88	1,00	5,88
2	$\frac{1}{2} \times 16,8 \times 2,1^2 \times 0,28$	10,37	0,67	6,95
	$\Sigma P_a = 16,25$			$\Sigma M_h = 12,83$

Stabilitas terhadap guling (*overturning*)

FS guling = $\frac{\Sigma M_v}{\Sigma M_h} = \frac{111,85}{12,83} = 8,72 \geq 2$ (aman)

Stabilitas terhadap geser (*sliding*)

FS geser = $\frac{\Sigma W \times \tan(2/3 \times 29,98)}{\Sigma P_a} = \frac{32,04}{20,94} = 1,53 \geq 1,5$ (aman)

Stabilitas terhadap daya dukung tanah

1. Berdasarkan daya dukung dinding penahan

a. Nilai resultant gaya vertikal

$x_e = \frac{(\Sigma M_v - \Sigma M_h)}{\Sigma W} = \frac{(111,85) - 12,83}{88,08} = 1,27 \text{ m}$

b. Nilai eksentrisitas

$e = B/2 - x_e = 1 - 1,27 = -0,27 \leq B/6 = 0,33$

c. Lebar efektif :

$B' = B - 2e = 2 - (2 \times 0,27) = 1,46 \text{ m}$

d. Luas efektif :

$A' = B' \times 1 = 1,46 \text{ m}^2$

e. Daya dukung dinding penahan :

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

$q_{maks} = (\Sigma W/B) (1 + 6e/B) = \frac{88,08}{2} (1 + 6 \times 0,27/2) = 79,71 \text{ kN/m}^2$

$q_{min} = (\Sigma W/B) (1 - 6e/B) = \frac{88,08}{2} (1 - 6 \times 0,27/2) = 8,37 \text{ kN/m}^2$

2. 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 :

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

$$= \{1 - (0,5 \times 20,94)/(88,08+1,46 \times 20,35 \times 2,70)\}^5$$

$$= 0,73$$

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

$$= 0,73 - (1 - 0,73)/16,08 \times 0,39$$

$$= 0,69$$

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

$$= \{1 - (0,7 \times 20,94)/(88,08+1,46 \times 20,35 \times 1,78)\}^5$$

$$= 0,59$$

Daya dukung tanah :

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

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

$$q_u = 0,69 \times 20,35 \times 16,07 + 0,59 \times 0,5 \times 1,46 \times 16,45 \times 15,02$$

$$q_u = 332,07 \text{ kN/m}^2$$

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

$$= 332,07/49,68$$

$$= 4,16 \geq 3 \text{ (aman)}$$

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, bahwa stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+550 ruas 039 diperoleh nilai faktor keamanan terhadap guling (*overturning*) sebesar $FS = 8,72$. Sedangkan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser (*sliding*) didapatkan FS sebesar $1,53$. Kemudian, stabilitas dinding penahan tanah terhadap daya dukung tanah didapatkan nilai FS sebesar $4,16$.

Menurut SNI 8460 : 2017 bahwa stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+550, ruas 039 aman terhadap guling (*overturning*), karena nilai (*safety factor*) terhadap guling (*overturning*) hasil perhitungan didapatkan sebesar $FS = 8,72 \geq FS = 2,00$ (SNI 8460 : 2017). Kemudian, stabilitas dinding penahan terhadap geser (*sliding*) aman, karena nilai (*safety factor*) terhadap geser (*overturning*) hasil perhitungan didapatkan sebesar $FS = 1,53 \geq FS = 1,50$ (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 $FS = 4,16 \geq FS = 3,00$ (SNI 8460 : 2017).

Kemudian, Hardiyatmo (2020) berpendapat, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+550, ruas 039 aman terhadap

guling (*overturning*), karena momen pengguling sebesar $12,83 \text{ kNm}$ ini, mampu dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi sebesar $111,85 \text{ kNm}$. Selanjutnya, terhadap geser (*sliding*), dinding penahan ini juga aman terhadap geser (*sliding*), karena gaya - gaya yang menggeser dinding penahan tanah sebesar $16,25 \text{ kN}$ masih mampu ditahan oleh gesekan antara tanah dengan dasar fondasi sebesar $88,08 \text{ kN}$. Sedangkan terhadap daya dukung nya, dinding penahan tanah masih aman terhadap daya dukung tanah karena daya dukung maksimum dinding penahan tanah sebesar $79,71 \text{ kN/m}^2$ masih mampu didukung oleh tanah sebesar $332,07 \text{ kN/m}^2$.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, bahwa upaya penanganan longsoran dengan dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+550, ruas 039 jalan nasional aman terhadap guling (*overturning*), karena $FS \text{ guling} = 8,72 \geq FS = 2,00$. Kemudian, dinding penahan tanah aman terhadap geser (*sliding*), karena $FS \text{ geser} = 1,53 \geq FS = 1,50$ dan dinding penahan tanah aman terhadap daya dukung tanah karena $FS \text{ daya dukung} = 4,16 \geq FS = 3,00$.

Saran

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 20+550 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

- Das, BM, 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*, The University of Texas at El Paso.
- Donald D, 2019, *Jurnal Realtech Volume 15, Nomor 2 Oktober 2019*, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.
- Erlly B, *Earth Retaining Wall*, <https://www.youtube.com/=WWxwJK9U4UM&t=1001s>, diakses 5 Maret 2022.

- Hardiyatmo HC, 2010, *Mekanika Tanah 2, Edisi Kelima*, Gadjra Mada University Press
- Hardiyatmo HC, 2012, *Tanah Longsor & Erosi*, Gadjra Mada University Press
- Hardiyatmo, HC, 2020, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjra Mada University Press
- Nakazawa K, dkk, 2000, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Redana IW, 2009, *Teknik Pondasi*, Udayana University Press
- 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.
- Wesley, LD, 2012, *Mekanika Tanah Untuk Tanah dan Endapan*, Andy Yogyakarta