

Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dengan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever

Anwar Muda

E-Mail : anwarmuda@gmail.com

Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Utara
Jalan Sakti Lubis No. 1 Medan (20219) Telepon 061-7864521

Koresponden naskah : anwarmuda@gmail.com

SUBMITTED Mei 4, 2022 | REVISED Mei 15, 2022 | ACCEPTED Mei 25, 2022

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 4+600, section 038 or to be precise in Pargarutan Tonga Village, East Angkola District, South Tapanuli Regency, North Sumatra, an avalanche occurred about 2 years ago. Then, in this avalanche, a gravity-type earth retaining wall made of masonry was built but it collapsed.

In 2021, the handling of this avalanche will be carried out again with a cantilever type retaining wall. The dimensions of the cantilever are 22 meters long, 6.60 meters deep from the asphalt surface and 4 meters wide palm. Then, the upper wall thickness is 0.30 meters and the lower wall thickness is 0.60 meters.

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

Based on the calculation results, that the cantilever type retaining wall is safe against overturning stability, because $FS_{rolls} = 7.00 \geq FS = 2.00$. Then, retaining walls are safe against shear stability (sliding), because $shear\ FS = 2.89 \geq FS = 1.50$ and retaining walls are safe against soil bearing capacity stability because $FS_{bearing\ capacity} = 4.09 \geq FS = 3.00$.

Keywords : wall, retaining soil, type, cantilever

ABSTRAK

Penelitian ini berjudul “*Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dengan Dinding Penahanan Tanah Tipe Kantilever*”. Penelitian dilatarbelakangi bahwa jalan nasional sta 4+600, ruas 038 atau tepatnya di Desa Pargarutan Tonga, Kecamatan Angkola Timur, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, terjadi longsoran sekitar 2 tahun lalu. Kemudian, di longsoran ini dibangun dinding penahan tanah tipe gravitasi terbuat dari pasangan batu namun terjadi keruntuhan.

Pada tahun 2021, dilakukan kembali penanganan di longsoran ini dengan dinding penahan tanah tipe kantilever. Adapun dimensi kantilever dengan panjang 22 meter, kedalaman 6,60 meter dari permukaan aspal dan lebar telapak 4 meter. Kemudian, tebal dinding atas 0,30 meter dan tebal dinding bawah 0,60 meter.

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

Berdasarkan hasil perhitungan, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever aman terhadap stabilitas guling (*overturning*), karena $FS_{guling} = 7.00 \geq FS = 2.00$. Kemudian, dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas geser (*sliding*), karena $FS_{geser} = 2,89 \geq FS = 1,50$ dan dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas daya dukung tanah karena $FS_{daya\ dukung} = 4,09 \geq FS = 3,00$

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

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penelitian berjudul “*Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dengan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever*”. Penelitian ini dilatarbelakangi bahwa di ruas jalan nasional sta 4+600, ruas 038 atau tepatnya di Desa Pargarutan Tonga, Kecamatan Angkola Timur, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, terjadi longsoran sekitar 2 tahun lalu. Kemudian dibangun dinding penahan tanah tipe gravitasi terbuat dari pasangan batu namun terjadi keruntuhan.

Longsoran ini sebenarnya terjadi pada tebing badan jalan dan merusak sebagian badan jalan sepanjang lereng 22 meter dan kedalaman 6 meter telah menghilangkan bahu jalan serta lapisan aspal, sehingga lebar jalan sekitar 4 – 5 meter saja. 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. Kemudian penanganan dilakukan juga pengalihan *trase* jalan dengan tujuan untuk menghindari dan menjauhkan lalu lintas dari lokasi titik longsor. 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 tahanan 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 tanahnya.

Untuk itu, pada penelitian ini akan dilakukan penanganan longsor di tepi badan jalan nasional sta 4+600, ruas 038 dengan membuat dinding penahan tanah tipe kantilever. Dinding penahan ini terbuat dari beton bertulang, namun 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 aman atau tidak, jika hasil perhitungan terpenuhi atau tidak stabilitas guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah.

B. Tujuan

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

2. Tinjauan Pustaka

A. Landasan Teori

1. 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).

2. Prosedur Perancangan Dinding Penahan Tanah

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

- 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.
- Dengan parameter – parameter tanah yang telah diketahui, dihitung gaya – gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan.
- Tentukan letak resultan gaya – gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
- Dihitung faktor aman terhadap penggulingan dan penggeseran.

- Dihitung tekanan yang terjadi pada dasar fondasi. Tekanan maksimum tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin (q_a).
- Dirancang bagian – bagian pembentuk struktur, seperti menghitung dimensi dan penulangan fondasi maupun dinding.

2. 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 :

- Bila $e \leq B/6$
 $q = V/B (1 \pm 6e/B)$
- Bila $e > B/6$
 $q_{maks} = 2V/3(B - 2e)$
 $e =$ 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.

a. 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 :

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

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

b. 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 :

$$F_{geser} = \sum R_h / \sum P_h \geq 1,5$$

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)

c. 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 :

$$F = q_u / q \geq 3$$

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),
B' = lebar efektif dan e = eksentrisitas.
2. Bila distribusi tekanan kontak antara tanah dasar fondasi dianggap linier (cara ini dulu dipakai bila dalam hitungan kapasitas dukung digunakan Terzaghi) :

$$q = V/B (1 \pm 6e/B) \text{ bila } e < B/6$$

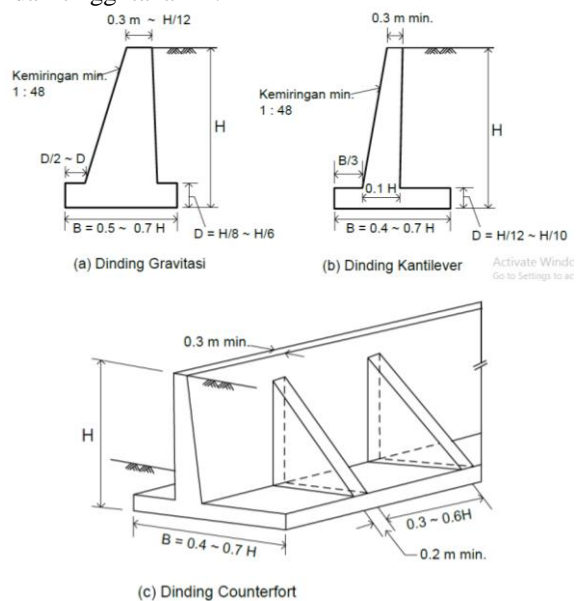
$$q_{maks} = 2V/3 (B - 2e) \text{ bila } e < B/6$$

Dalam perancangan, lebar fondasi dinding penahan (B) sebaiknya dibuat sedemikian hingga $e < (B/6)$, 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.

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 anker. 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.

d. 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 sebagai berikut :

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

e. Teori tekanan tanah lateral

Konstruksi penahan tanah seperti dinding penahan tanah, dinding bangunan bawah (*basement*) dan turap baja pada umumnya digunakan dalam teknik fondasi. Konstruksi penahan tanah tersebut biasanya digunakan untuk menahan massa tanah dengan talud vertikal. Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan benar, maka perlu mengetahui gaya lateral yang bekerja antara konstruksi penahan tanah dan massa tanah yang ditahan. Gaya lateral tadi disebabkan oleh tekanan tanah arah horizontal (Das, 1993).

Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat akan runtuh (Rankine, 1857 dalam Hardiyatmo, 2010). Kedudukan keseimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila deformasi yang cukup pada masa tanahnya. Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*) (Hardiyatmo, 2010).

Tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan umumnya ada salah satu dari tiga jenis yaitu tekanan tanah lateral saat diam, tekanan tanah aktif (*active earth pressure*) dan tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*). Untuk merancang dinding penahan tanah diperlukan pengetahuan

tekanan tanah lateral. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding. Dalam beberapa hal, hitungan tekanan tanah lateral ini didasarkan pada kondisi regangannya (Hardiyatmo, 2020).

f. Teori Rankine

Dinding penahan dianggap halus (*smooth*) sehingga tahanan geser tidak akan terjadi pada bidang vertikal dan horizontal. Massa tanah disebut mencapai dalam keadaan seimbang plastis, sesungguhnya kondisi ini runtuh sudah tercapai. Kemudian, distribusi tekanan tanah adalah segitiga dan gaya resultan bekerja pada ketinggian $H/3$ dari dasar dinding dan dinyatakan oleh luasan dari distribusi tegangannya (Redana, 2010).

Pada keadaan aktif maupun pasif, tanah dianggap mencapai keadaan keruntuhan atau dengan istilah lain, dalam keadaan “keseimbangan plastis”. Pada keadaan aktif, tegangan vertikal 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 vertikal sehingga merupakan tegangan utama besar. Bidang keruntuhan sekarang terdapat dengan sudut kemiringan sebesar $45^\circ - \theta/2$ vertikal. (Wesley, 2012).

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 :

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

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 tanah pasif** (*coefficient of passive pressure*) atau K_p (Hardiyatmo, 2010). Bila dinyatakan dengan rumus :

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

g. 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 2.2a), 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 2.2b. **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 :

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

h. Pengaruh Beban Terbagi Rata di atas Tanah Urugan

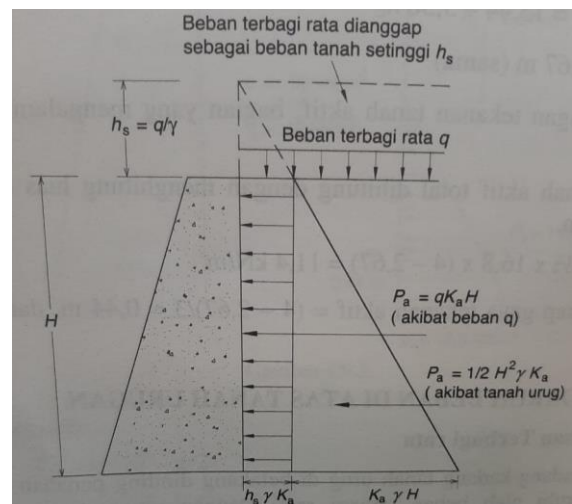
Kadang – kadang tanah urug di belakang dinding penahan tanah dipengaruhi oleh beban terbagi rata. Dengan menganggap beban terbagi rata q sebagai beban tanah setebal h_s dengan berat volume γ tertentu, maka tinggi lapisan tanah $h_s = q/\gamma$ (Gambar 2.3). Tekanan tanah lateral pada kedalaman h_s dari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

$$p_a = h_s \gamma K_a$$

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 .



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

B. Studi Pustaka

1. Erwin Syaiful Wagola dan Mentari Rasyid (2020)

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 type 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 type kantilever pada *Landfill* TPA di Kota Masohi yang menggunakan beton normal sebagai bahan penyusun konstruksi terhadap tekanan tanah lateral yang berpotensi menimbulkan gaya pergeseran, pergulingan, 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 Factor* (FS) untuk tiga faktor pembebanan ≥ 2 dimana masing-masing nilai *Safety Factor* 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.

2. Donald Donny Supit (2020)

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 keakuratan 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 (Fs guling) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan dan penggerusan. Nilai stabilitas dinding penahan tanah dengan kondisi asli adalah Fs *Overtuning* 6,912, nilai Fs *Overtuning* ≥ 2 , Kecenderungan nilai Fs guling semakin bertambah seiring dengan bertambahnya lebar alas dinding penahan tanah tersebut. **2.** Stabilitas geser (Fs geser) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan dan penggerusan. Nilai Fs *sliding* 5,356 ≥ 2 , kecenderungan nilai Fs 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 (Fs *bearing capacity*) memenuhi faktor keamanan $0,011 \leq B/6 = 0,82$. **4.** Stabilitas keruntuhan daya dukung tanah (Fs daya dukung) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan dan penggerusan. nilai Fs *bearing capacity* 25,302 ≥ 3.5 .

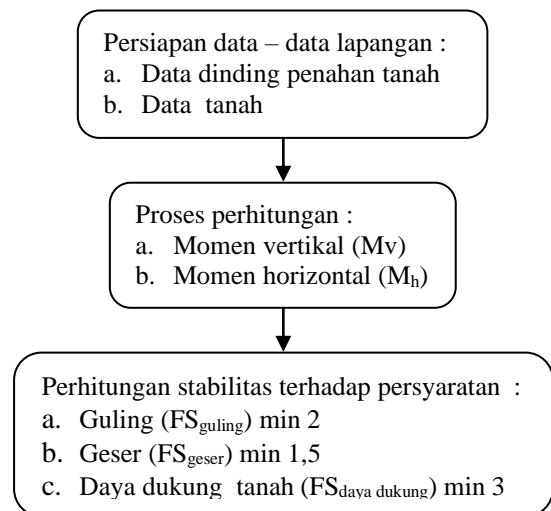
3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di ruas jalan nasional sta 4+600, ruas 038, Kabupaten Tapanuli Selatan. Sedangkan waktu penelitian dimulai 16 Oktober – 10 Nopember 2021.

B. Prosedur dan Langkah – langkah Penelitian

Prosedur dan langkah – langkah penelitian Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever di Kabupaten Tapanuli Selatan seperti Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Prosedur dan Langkah – langkah penelitian

C. Rancangan Penelitian

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

1. 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*),

$$FS = M_v / M_h \geq 2.$$

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 berkoheesi ($c = 0$), (Rankine, 1857 dalam Hardiyatmo,2020).

3. 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*), $FS = q_u/q \geq 3$.

D. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jalan nasional sta 4+600, ruas 038 atau tepatnya Sumatera Utara, paket Padangsidempuan – Batas Sumbar atau tepatnya di di Desa Pargarutan Tonga, Kecamatan Angkola Timur, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, seperti Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 lokasi penelitian Pargarutan Tonga (Sumber : <https://www.google.com>) (diakses 7 Maret 2022)



Gambar 3.3 Lokasi penelitian Pargarutan Tonga (Sumber : Pelaksanaan 2021)

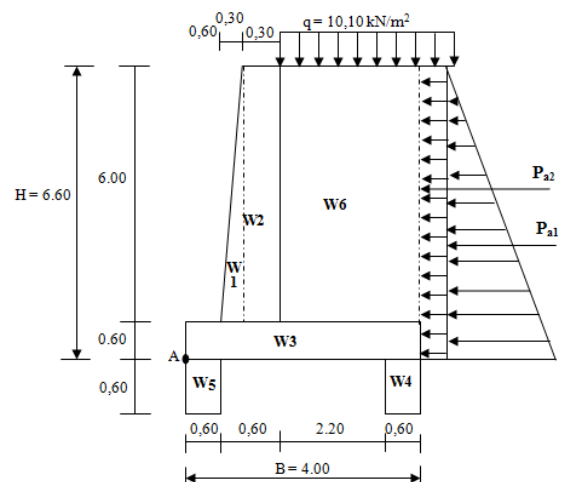
E. Aspek yang Diteliti

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.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

- Data dinding penahan tanah antara lain :
 - $H = 6,60$ meter
 - $B = 4,00$ meter
- Data tanah antara lain :
 - $\gamma_b = 18,50 \text{ kN/m}^3$ (*backfill*)
 - $\gamma_t = 17,45 \text{ kN/m}^3$ (tanah asli)
 - $\theta = 29,50^\circ$
 - $c = 0$ (*backfill*)
 - $c_t = 21,30 \text{ kN/m}^2$ (tanah asli)
 - $\theta_t = 32,45^\circ$ (tanah asli)
- Data beton bertulang :
 - $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$
 - $f'_c = 30$
- Profil dinding penahan tanah tipe kantilever seperti Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 dinding penahan kantilever
(Sumber : Hasil perhitungan 2021)

5. Perhitungan gaya vertikal dan momen terhadap titik A seperti pada Tabel 4.1

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	$\frac{1}{2} \times 0,3 \times 6 \times 24$	21,60	0,75
2	$0,3 \times 6 \times 24$	43,20	1,05
3	$0,6 \times 4 \times 24$	57,60	2,00
4	$0,6 \times 0,6 \times 24$	8,64	3,70
5	$0,6 \times 0,6 \times 24$	8,64	0,30
6	$2,8 \times 6 \times 18,5$	310,80	2,60
7	$2,8 \times 10,1$	28,28	2,60
	$\sum W = 478,76$		$\sum M_v = 1092,93$

6. 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	$\frac{1}{2} \times 18,5 \times 6,6^2 \times 0,34$	36,99	2,20
2	$6,6 \times 10,1 \times 0,34$	22,66	3,30
	$\sum P_a = 59,65$		$\sum M_h = 156,16$

7. Stabilitas terhadap guling (*overturning*)

$$\text{Safety factor (FS)} = \frac{\sum M_v}{\sum M_h}$$

$$= 1092,93 / 156,16 = 7,00 \geq 2 \text{ (OK)}$$

8. Stabilitas terhadap geser (*sliding*)

$$\text{Safety factor (FS)} = \frac{\sum W \times \text{tg } \delta}{\sum P_a}$$

$$= 172,35 / 59,65 = 2,89 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

9. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

a. Berdasarkan daya dukung dinding penahan

- Nilai resultant gaya vertikal :

$$x_c = \frac{(\sum M_v - \sum M_h)}{\sum W}$$

$$= (1092,93 - 156,16) / 478,76 = 1,96 \text{ m}$$

- Nilai eksentrisitas :
 $e = B/2 - x_c = 2 - 1,96 = 0,04 \leq B/6 = 0,67$
- Lebar efektif :
 $B' = B - 2e = 4 - (2 \times 0,04) = 3,92 \text{ m}$
- Luas efektif :
 $A' = B' \times 1 = 3,92 \text{ m}^2$

Daya dukung dinding penahan :

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

$$q_{\text{maks}} = \left(\sum W/B (1 + 6e/B) \right)$$

$$= 478,76/4(1 + 6 \times 0,04/4) = 126,87 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{min}} = \left(\sum W/B (1 - 6e/B) \right)$$

$$= 478,76/4(1 - 6 \times 0,04/4) = 112,51 \text{ kN/m}^2$$

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 :

$$i_q = \left\{ 1 - \frac{(0,5 \times H)}{(V + A' \times c_1 \times \text{ctg } \theta)} \right\}^5$$

$$= \left\{ 1 - \frac{(0,5 \times 59,65)}{(478,76 + 3,92 \times 21,3 \times 1,59)} \right\}^5$$

$$= 0,77$$

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

$$= 0,77 (1 - 0,77) / 20,2 \times 0,46 = 0,75$$

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

$$= \left\{ 1 - \frac{(0,7 \times 59,65)}{(478,76 + 3,92 \times 21,3 \times 0,46)} \right\}^5 = 0,92$$

Daya dukung tanah :

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

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

$$q_u = 0,75 \times 21,3 \times 20,2 + 0,92 \times 0,5 \times 3,92 \times 17,45 \times 6,25 = 519,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Safety factor (FS)} = \frac{q_u}{q_{\text{maks}}}$$

$$= 519,35 / 126,87 = 4,09 \geq 3 \text{ (OK)}$$

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, bahwa stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 4+600, ruas 038 Pal XI – Padangsidempuan diperoleh nilai faktor keamanan terhadap guling (*overturning*) sebesar $FS = 7,00$. Sedangkan stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser (*sliding*) didapatkan FS sebesar $2,89$. Kemudian, stabilitas dinding penahan tanah terhadap daya dukung tanah didapatkan nilai FS sebesar $4,09$.

Menurut SNI 8460 : 2017 bahwa stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 4+600, ruas 038 Pal XI – Padangsidempuan aman terhadap guling (*overturning*), karena nilai (*safety factor*) terhadap guling (*overturning*) hasil perhitungan didapatkan sebesar $FS = 7,00 \geq FS = 2,00$ (SNI 8460 : 2017). Kemudian, stabilitas dinding penahan terhadap geser (*sliding*), juga

aman, karena nilai (*safety factor*) terhadap guling (*overturning*) hasil perhitungan didapatkan sebesar $FS = 2,89 \geq FS = 1,50$ (SNI 8460 : 2017). Selanjutnya, dinding penahan tanah juga aman terhadap daya dukung tanah, karena nilai (*safety factor*) terhadap daya dukung tanah hasil perhitungan didapatkan sebesar $FS = 4,09 \geq FS = 3,00$ (SNI 8460 : 2017).

Kemudian, Hardiyatmo (2020) berpendapat, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever jalan nasional sta 4+600, ruas 038 Pal XI –Kota Padangsidimpuan aman terhadap guling (*overturning*), karena momen pengguling sebesar 156,16 kNm ini, mampu dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi sebesar 478,76 kNm. Selanjutnya, terhadap geser (*sliding*), dinding penahan ini juga aman terhadap geser (*sliding*), karena gaya - gaya yang menggeser dinding penahan tanah sebesar 59,65 kN masih mampu ditahan oleh gesekan antara tanah dengan dasar fondasi sebesar 172,35 kN. Sedangkan terhadap daya dukung nya, dinding penahan tanah masih aman terhadap daya dukung tanah karena daya dukung maksimum dinding penahan tanah sebesar 126,87 kN/m² masih mampu didukung oleh tanah sebesar 519,35 kN/m².

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, bahwa dinding penahan tanah tipe kantilever aman terhadap stabilitas guling (*overturning*), karena FS guling $= 7,00 \geq FS = 2,00$. Kemudian, dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas geser (*sliding*), karena FS geser $= 2,89 \geq FS = 1,50$ dan dinding penahan tanah aman terhadap stabilitas daya dukung tanah karena FS daya dukung $= 4,09 \geq FS = 3,00$

B. Saran

“*Penanganan Longsoran Jalan Nasional Dengan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever*” merupakan penelitian melakukan perhitungan dinding penahan tanah tipe kantilever untuk menentukan nilai faktor keamanan terhadap guling (*overturning*), geser (*sliding*) dan daya dukung tanah. Namun perlu disarankan dapat melakukan penelitian lanjutan dengan lokasi yang berbeda.

6. DAFTAR PUSTAK

- 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.

- Erly B, *Earth Retaining Wall*, <https://www.youtube.com/watch?v=WWxwJK9U4UM&t=1001s>, diakses 5 Maret 2022.
- Hardiyatmo HC, 2010, *Mekanika Tanah 2, Edisi Kelima*, Gadjaja Mada University Press
- Hardiyatmo HC, 2012, *Tanah Longsor & Erosi*, Gadjaja Mada University Press
- Hardiyatmo, HC, 2020, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjaja 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.