

**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH UNTUK MENANGGULANGI
KELONGSORAN PADA RUAS JALAN HUTUMURI KECAMATAN
LEITIMUR SELATAN**

Valentino Soumahu¹⁾, Godfried Lewakabessy²⁾, Sjafrudin Latar³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negri Ambon

¹⁾valentinosoumahu84@gmail.com, ²⁾godfriedssy11@gmail.com, ³⁾sjafrudin.latar07@gmail.com

ABSTRACT

Retaining walls serve the purpose of withstanding lateral pressure from the soil behind them. This construction can be considered as an alternative for addressing potential landslides along the embankment of Hutumuri village road. The aim of this research is to plan a retaining wall as one of the reinforcement alternatives for the embankment along the section of Hutumuri road from Station (STA) 1+200 to 1+270.

The planning of the retaining wall along this road section begins with a soil stability analysis using the simple slice method. Subsequently, employing the Terzaghi method, the stability of the wall against soil pressure behind it is analyzed to prevent displacement and potential collapse during the construction of the retaining wall. Utilizing the Simple Slice method and Rankine's theory to assess the slope conditions and the construction of the retaining wall along Hutumuri road section, values for the slope safety factor are obtained. In the unsafe condition, the slope safety factor is less than 1.2, indicating the need for an alternative slope reinforcement, such as a retaining wall.

The analysis results for the stability of the Counterfort-type retaining wall indicate that it does not meet the requirements. This is due to the fact that, in section I, the soil bearing capacity safety factor (FS) is 2.454, where the value of FS is less than the recommended value of 3, signaling the need for further consideration and potential adjustments in the design.

ABSTRAK

Dinding penahan tanah merupakan konstruksi yang berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah yang ditimbulkan oleh tanah di belakang dinding penahan tanah. Konstruksi ini dapat menjadi salah satu alternatif dari penanganan kelongsoran pada tebing jalan desa Hutumuri. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan dinding penahan tanah sebagai salah satu alternatif perkuatan tebing pada ruas jalan Hutumuri STA 1+200 – 1+270. Perencanaan dinding penahan tanah pada Ruas Jalan Hutumuri STA 1 + 200 – 1 + 270 diawali dengan analisa kestabilan tanah dengan menggunakan metode irisan sederhana. Selanjutnya dengan menggunakan metode Terzaghi dianalisa kestabilan dinding terhadap tekanan tanah di belakang dinding supaya tidak terjadi pergeseran sehingga dapat berdampak terjadinya penggulingan pada saat pembangunan dinding penahan tanah. Dengan menggunakan metode Irisan Sederhana dan teori Rankine untuk mengetahui kondisi lereng dan konstruksi dinding penahan tanah pada Ruas Jalan Hutumuri, diperoleh nilai untuk faktor keamanan lereng dalam kondisi tidak aman dengan nilai faktor keamanan lereng kurang dari 1,2 sehingga perlu digunakan alternatif perkuatan lereng yaitu dengan dinding penahan tanah. Hasil analisa terhadap kestabilan dinding, untuk dinding tipe *Counterfort* belum memenuhi syarat dikarenakan pada potongan I didapatkan nilai faktor keamanan daya dukung tanah $FS = 2,454$ dimana nilai untuk faktor keamanan $FS < 3$.

Kata kunci : Stabilitas Lereng, Dinding Penahan, Faktor Aman.

1. LATAR BELAKANG

Dinding penahan tanah merupakan konstruksi yang berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah yang ditimbulkan oleh tanah di belakang dinding penahan tanah. Ada beberapa tipe dinding penahan tanah yang biasa digunakan, yaitu dinding penahan gravitasi atau dinding penahan tanah berbobot (*Gravity Retaining Walls*), dinding penahan kantilever (*Cantilever Retaining Walls*), dinding penahan kantilever berusuk (*Counterfort retaining walls*) dan *Butters Retaining Wall*. Pada dinding penahan tanah tipe kantilever terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi dan diistilahkan sebagai kantilever, yaitu bagian dindingnya yang vertikal (*stem*), ujung kaki tapak (*toe*), dan tumit tapak. Dinding penahan tanah biasanya dibuat untuk mencegah terjadinya bahaya terhadap kelongsoran. dengan tipe dari jenis penahan tanah tersebut, berdasarkan syarat-syarat yang sudah ditentukan.

Kebijakan pemerintah daerah untuk mengalihkan anggaran menangani Covid-19, praktis berpengaruh kepada pembangunan sejumlah proyek fisik di kota Ambon salah satunya proyek jalan Hutumuri (Siwalima, 8 juli 2020). Proyek pembangunan jalan di Hutumuri untuk tahun ini tak bisa di lanjutkan alias terhenti. Tak berlanjutnya proyek milik dinas PUPR ini, dikarenakan seluruh anggaran infrastruktur termasuk proyek ini telah bergeser untuk penanganan Covid-19 di kota Ambon. Kondisi ruas jalan Hutumuri yang terletak pada STA 1+200 – 1+270, saat ini hanya ditimbun oleh sirtu. didalam pengerjaan untuk kelanjutan *hotmix* terhambat hal ini diakibatkan Covid-19. Pada ruas jalan Hutumuri yang untuk sementara ini sudah di hampar sirtu tetapi pada sisi kiri arah ke kota untuk ruas jalan tersebut selama 2 tahun belum dibuat dinding penahan tanah pada lereng tanah tersebut. Jika dibiarkan, dengan kondisi curah hujan dan disertai panas akan berpengaruh terhadap butiran-butiran tanah dan batuan yang akan melemah kondisi pada ruas jalan tersebut yang mengakibatkan terjadinya longsor.

Oleh karena itu penanganan kelongsoran harus dilakukan dengan membangun Dinding Penahan Tanah di sisi kiri Ruas Jalan Hutumuri supaya mampu menjaga ruas jalan tersebut agar tidak longsor dan melayani arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan tersebut sehingga dibuat kondisi kemiringan yang mampu menahan sisi kiri jalan pada saat pekerjaan *hotmix*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

Menurut Suryolelono (2002), tanah longsor merupakan fenomena alam yang berupa gerakan massa tanah dalam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan dari luar yang menyebabkan

berkurangnya kuat geser tanah dan meningkatnya tegangan tanah DAS (1998) mengungkapkan bahwa keruntuhan material tanah disebabkan oleh kombinasi kritis dari tegangan normal dan tegangan gesernya.

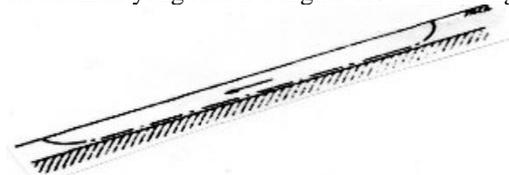
2.2 Tipe Tanah Longsor

1. Kelongsoran rotasi, yaitu kelongsoran yang bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.



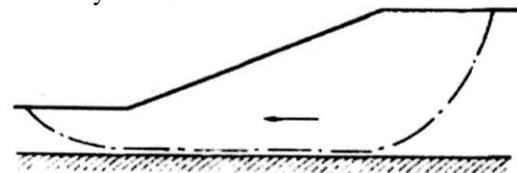
Gambar 1. Kelongsoran Rotasi
Sumber : Craig , 1989

2. Kelongsoran translasi, cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal dibawah lereng.



Gambar 2. Kelongsoran Translasi
Sumber : Craig , 1989

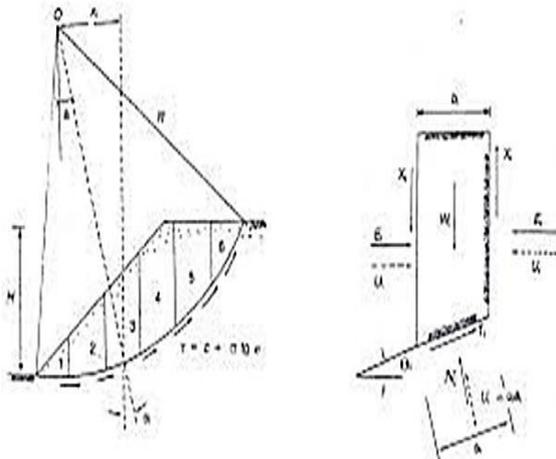
3. Kelongsoran gabungan, terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena runtuhnya terdiri



Gambar 2. Kelongsoran Gabungan
Sumber : Craig , 1989

2.3 Metode Irisan (*Method Of Slices*)

Gaya normal yang bekerja pada pada suatu titik di lingkaran bidang longsor terutama dipengaruhi oleh berat tanah di atas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah – pecah menjadi beberapa irisan vertikal. Kemudian, keseimbangan dari tiap irisan diperhatikan.



Gambar 3. Gaya – Gaya yang Bekerja pada Irisan
Sumber : Hardiyatmo, 2018

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} (C \cdot \Delta l_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{i=1}^{i=p} W_n \sin \alpha_n} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- F = Faktor aman
- C = Kohesi tanah (kN/m²)
- Φ = Sudut gesek dalam tanah

2.4 Stabilitas Lereng

Lereng adalah sebuah permukaan tanah yang terbuka, yang berdiri membentuk kemiringan sudut tertentu antara sumbu horizontal. Analisis stabilitas lereng mempunyai banyak faktor yang mempengaruhi hasil hitungan, banyaknya faktor tersebut yang membuat perhitungan tidak mudah. Faktor – faktor tersebut misalnya, kondisi tanah berlapis – lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain – lainnya. Umumnya faktor aman stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2.

2.5 Klasifikasi Tanah

Tanah dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Tanah Pasir dan kerikil
2. Tanah Hardpan
3. Tanah Lanau Anorganik
4. Lanau Organik
5. Tanah Lempung
6. Tanah Gambut

Dari klasifikasi tanah yang telah dijelaskan akan lebih muda dipahami dalam tabel 1 sampai tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 1. Komponen Jenis Tanah

Kerikil sedikit berpasir	sampai 5% pasir
Kerikil berpasir	5% - 20% pasir
Kerikil sangat berpasir	pasir di atas 20%
Kerikil/Pasir	proporsinya kurang lebih sama
Pasir sangat berkerikil	kerikil di atas 20%
Pasir berkerikil	5% - 20% kerikil
Pasir sedikit berkerikil	Sampai 5% kerikil
Pasir (atau Kerikil) sedikit berlanau	sampai 5% lanau
Pasir (atau Kerikil) berlanau	5% - 15 lanau
Pasir (atau Kerikil) sangat berlanau	15% - 35% lanau
Pasir (atau Kerikil) sedikit berlempung	sampai 5% lempung
Pasir (atau Kerikil) berlempung	5% - 15 lanau
Pasir (atau Kerikil) sangat berlempung	15% - 35% lanau
Lanau (atau Lempung) berpasir	35% - 65% pasir
Lanau (atau Lempung) berkerikil	35% - 65% kerikil

Sumber : Craig, 1989

Tabel 1. Sifat Tanah Berdasarkan Uji Lapangan

Tipe tanah	Sifat	Uji lapangan
Pasir, kerikil	Lepas	Dapat digali dengan sekop; pasak kayu 50 mm dapat ditancapkan dengan mudah.
	Padat	Dibutuhkan cangkul untuk menggali; pasak kayu 50 mm sulit ditancapkan.
	Sedikit terikat	Pengujian secara visual; cangkul memindahkan gumpalan-gumpalan tanah yang dapat terkikis.
Lanau	Lunak atau lepas	Mudah diremas dengan jari.
	Keras atau padat	Dapat diremas dengan tekanan yang kuat pada jari-jari tangan.
Lempung	Sangat lunak	Meleleh diantara jari-jari tangan ketika diperas.
	Lunak	Dapat diremas dengan mudah
	Keras	Dapat diremas dengan tekanan jari tangan yang kuat.
	Kaku	Tidak dapat diremas dengan jari; dapat ditekan dengan ibu jari.
Organik, gambut	Sangat kaku	Dapat ditekan dengankuku ibu jari.
	Keras	Serat-serat telah tertekan.
	Berongga	Sangat kompresibel dan struktur Terbuka.
	Plastis	Dapat diremas dengan tangan dan menyebar pada jari-jari.

Sumber : Craig, 1989

Tabel 2. Uraian Struktur Endapan Tanah

Homogen	Endapan mengandung satu tipe tanah saja.
Saling melapis	Lapisan-lapisan bolik-balik (alternatif) dari beragam tipe atau dengan batas atau lensa dari material lain (skala interval untuk jarak-jarak alas atau tebal lapisan dapat dipakai).
Heterogen	Campuran dari beberapa tipe tanah.
Lapukan	Partikel-partikel kasar dapat melemah dan membentuk pelapisan satu titik.
	Tanah halus biasanya memiliki struktur kolom atau remah-remah.
	Bercelah (Lempung)
Sempurna (Lempung)	Tidak ada celah-celah.
Berserat (Humus)	Tumbuh-tumbuhan yang tersisa dapat diterima dan memiliki sedikit kekuatan.
Tidak berbentuk/ Amortif (Gambut)	Tidak terdapat sisa-sisa tumbuhan.

Sumber : Craig, 1989

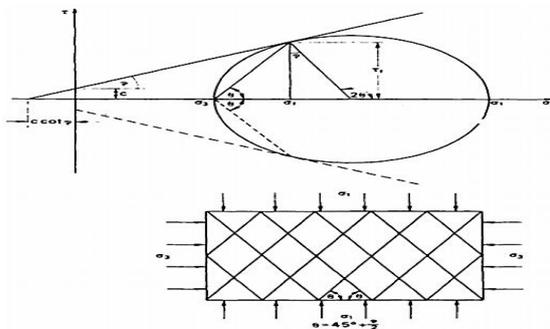
Tabel 3. Penggolongan Jenis Tanah berdasarkan Ukuran Butir tanah

Berangkal (<i>boulder</i>)	150 -250 mm
Kerikil (<i>gravel</i>)	5 – 150 mm
Pasir (<i>sand</i>)	0,0074 – 5 mm
Lanau (<i>silt</i>)	0,002 – 0,074 mm
Lempung (<i>clay</i>)	< 0,002 mm
Koloid (<i>colloids</i>)	< 0,001 mm

Sumber : Bowles, 1986

2.6 Teori Rankine

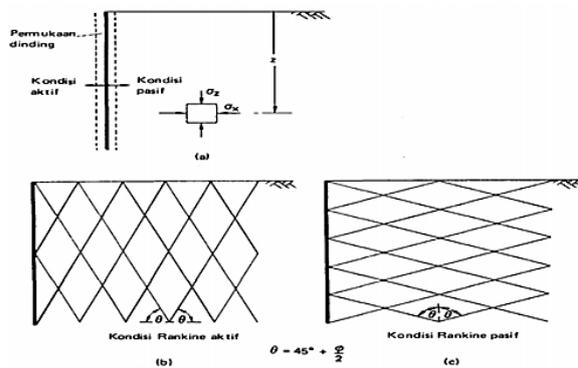
Mempertimbangkan kondisi tanah pada masa tanah ketika kondisi keseimbangan plastisnya telah tercapai , yaitu ketika keruntuhan gaya gesernya pada suatu titik terjadi pada seluruh tanah. Lingkaran Mohr yang menunjukkan kondisi tegangan pada saat keruntuhan elemen dua dimensi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Keseimbangan Plastis

Sumber : Craig , 1989

Dari berat tanah jika permukaannya horizontal tidak akan terjadi tegangan geser pada bidang – bidang horizontal dan vertikal. Oleh sebab itu, tegangan – tegangan vertikal dan horizontal menjadi tegangan – tegangan utama.



Gambar 5 Kondisi Rankine Aktif dan Pasif

Sumber : Craig , 1989

Untuk kondisi dengan keadaan muka tanah datar koefisien tanah aktif :

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots (2)$$

Nilai banding tegangan horizontal dan vertikal pada kondisi ini merupakan koefisien tanah pasif dapat dinyatakan :

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots (3)$$

1. Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Dengan Permukaan Horizontal memperlihatkan dinding penahan tanah dengan urug tak berkohesi seperti pasir (C = 0). dengan berat volume γ dan sudut gesek dalam ϕ . dan tidak terdapat air tanah Untuk kedudukan aktif Rankine. Tekanan tanah aktif total (P_a) pada sembarang kedalaman dapat dinyatakan oleh : Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif Rankine , tekanan tanah pasif total (P_p) adalah luas diagram tekanan pasifnya.

2. Kondisi tanah urugan yang berupa tanah kohesif seperti tanah lempung besarnya tekanan aktif menjadi berkurang. Nilai tekanan aktif total pada dinding penahan setinggi H, dengan tanah urug yang berupa tanah kohesif dapat dinyatakan:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2c H \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan momen penahan aktif dapat dinyatakan:

$$M_a = P_a \frac{H}{3} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

- K_a = Koefisien tanah aktif
- P_a = Tekanan tanah aktif (KN/m)
- M_a = Momen tanah aktif ((KN/m)
- C = Kohesi tanah (KN/m)
- H = Tinggi dinding penahan tanah (m)
- Γ = Berat volume tanah (KN/m)
- Φ = Sudut gesek tanah (°)

Tekanan tanah pasif pada dinding penahan setinggi H, dengan tanah urug yang berupa kohesif dapat dinyatakan :

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2c H \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan momen penahan Pasif dapat dinyatakan:

$$M_p = P_p \frac{H}{3} \dots\dots\dots (7)$$

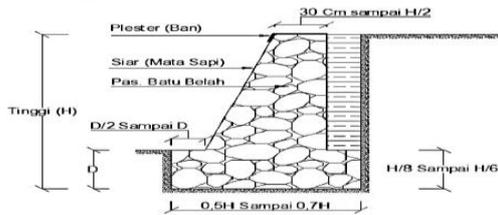
Dengan :

- K_p = Koefisien tanah pasif
- P_p = Tekanan tanah pasif (KN/m)
- M_p = Momen tanah pasif ((KN/m)
- C = Kohesi tanah (KN/m)
- H = Tinggi dinding penahan tanah (m)
- Γ = Berat volume tanah (KN/m)
- Φ = Sudut gesek tanah (°)

2.7 Dinding Penahan Tanah

Ada beberapa tipe dinding penahan tanah, sebagai berikut :

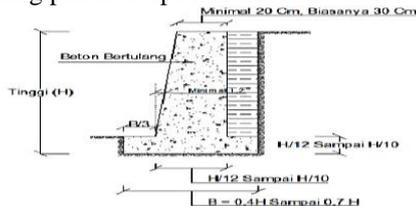
1. Dinding penahan tanah tipe gravitasi



Gambar 6. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Gravity Wall)

Sumber : Hardiyatmo, 2017

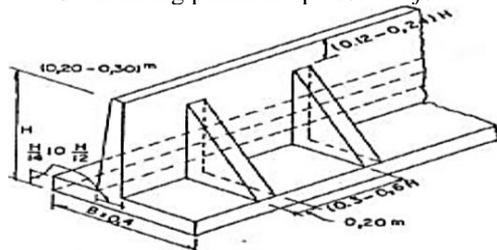
2. Dinding penahan tanah tipe kantilever



Gambar 7. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (Cantilever Retaining Wall)

Sumber : Hardiyatmo, 2017

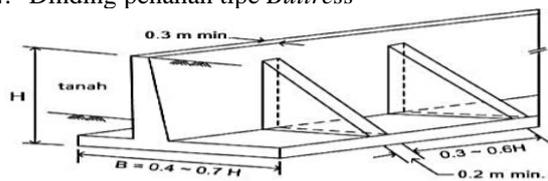
3. Dinding penahan tanah tipe counterfort



Gambar 8. Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort (Counterfort Retaining Wall)

Sumber : Hardiyatmo, 2017

4. Dinding penahan tanah tipe Buttress



Gambar 9. Dinding Penahan Tanah Tipe Buttress

Sumber : Hardiyatmo, 2017

2.8 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Perencanaan dinding penahan adalah sebagai berikut:

1. Memperkirakan ukuran atau dimensi yang diperlukan dari dinding penahan tanah
2. Mencari besarnya tekanan tanah berdasarkan cara yang sesuai dengan tipe dinding penahan tanahnya.
3. Lebar dasar dinding penahan tanah harus cukup untuk memobilisasi daya dukung tanahnya atau dengan perkataan lain, tegangan yang bekerja akibat konstruksi ditambah dengan gaya – gaya

lainnya tidak melebihi daya dukung ijin. Disamping itu usahakan agar tegangan yang timbul pada dasar dinding penahan tanah adalah tekan.

4. Perhitungan kekuatan struktur dari konstruksi dinding penahan tanah, yaitu dengan memeriksa tegangan geser dan tegangan tekan yang diijinkan dari struktur dinding penahan tanah.
5. Dinding penahan harus aman terhadap stabilitas gesernya.
6. Dinding penahan harus aman terhadap stabilitas gulingnya.
7. Tinjauan terhadap lingkungan lokasi dari penempatan dinding penahan

2.9 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Tekanan tanah dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sangat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah itu sendiri. secara umum, pemampatan atau penggunaan bahan dalam konstruksi dinding penahan tanah yang berarti memberikan perkuatan pada massa tanah, memperbesar timbunan di belakang dinding penahan tanah.

2.9.1 Stabilitas Terhadap Guling

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling (*overturning stability*) dihitung dengan membandingkan jumlah momen-momen yang menyebabkan guling dengan jumlah momen perlawanan guling. Persamaan dibawah ini berlaku untuk dinding gravitasi dimana momen penyebab guling berasal dari tekanan-tekanan tanah, dan momen perlawanan guling berasal dari berat sendiri konstruksi. Faktor stabilitas guling diambil sebesar 1,5.

$$Stabilitas\ Guling = \frac{\sum M_t}{\sum M_{gl}} \geq 1,5 \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :
 $\sum M_t$ = Momen melawan terhadap guling (KN.m)
 $\sum M_{gl}$ = Jumlah gaya – gaya horizontal (KN.m)

2.9.2 Stabilitas Terhadap Geser

Gaya tanah aktif selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser, Perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara tanah dengan dasar pondasi. Untuk gaya perlawanan geser (*sliding stability*) dengan jenis tanah didasar pondasiyaitu tanah non kohesif adalah keseimbangan gaya vertical akibat berat sendirikonstruksi (V) dikalikan dengan koefisien gesek antar dinding beton dan tanah dasar pondasi (f) dibagi dengan keseimbangan gaya tanah aktif horizontal. Factor stabilitas geser diambil sebesar 1,5.

$$Stabilitas\ Geser = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 1,5 \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

ΣR_h = Tahanan Dinding Penahan Tanah Terhadap Pergeseran (KN)

ΣPh = Jumlah gaya – gaya horizontal (KN)

2.9.3 Stabilitas Terhadap Kapasitas Daya Dukung

Kapasitas daya dukung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi.

Persamaan Tersaghi

$$q_u = cN_c + D_f \gamma N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma \dots (10)$$

$$q_{un} = q_u - \gamma D_f \dots (11)$$

$$q_n = q - \gamma D_f \dots (12)$$

Dengan :

- C = Kohesi tanah (kN/m²);
- D_f = Kedalaman Pondasi (m)
- Γ = Berat volume tanah (kN/m³);
- B = Lebar fondasi dinding penahan tanah (m);
- N_c, N_q, N_γ = Faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi.

Tabel 4. Nilai – Nilai Faktor Kapasitas Dukung Tersaghi.

Φ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Total		
	N _c	N _q	N _γ	N _c '	N _q '	N _γ '
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber : Hardiyatmo, 2018

Untuk mencari resultan gaya-gaya yang bekerja pada pusat berat alas pondasi digunakan rumus :

$$x = \frac{\Sigma M_w - \Sigma M_{GL}}{\Sigma V} \dots (13)$$

$$e = \frac{B}{2} - x; B > 6. \dots (14)$$

Dengan :

- ΣM_w = Momen yang melawan penggulingan (kN)
- ΣM_{GL} = Momen yang mengakibatkan penggulingan (kN)
- Σw = Total berat tanah di atas pelat fondasi + berat sendiri dinding penahan (kN)
- e = Eksentrisitas beban (m)
- B = Lebar dasar fondasi (m);

Setelah mendapatkan nilai q_{un} dan q_n maka dapat dihitung factor keamanan :

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} \dots (15)$$

2.10 Penurunan

Seperti halnya struktur-struktur yang lain, dinding penahan tanah juga akan mengalami penurunan. Untuk ini, prinsip-prinsip dasar untuk menghitung besarnya penurunan sama dengan cara menghitung penurunan fondasi. Persyaratan yang harus dipenuhi supaya konstruksi tidak turun adalah bahwa titik potong resultante gaya harus masih di dalam inti dasar fondasi. Tekanan maksimum yang timbul tidak boleh melebihi daya dukung ijin tanah (s) atau s > s'.

Tegangan maksimum timbul (s') dan tegangan desak minimum dapat dihitung dengan sebagai berikut:

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{f} \dots (16)$$

$$\sigma_{max} = \frac{2V}{3(B-2e)}; e > B/6. \dots (17)$$

Dengan :

- V = Komponen gaya vertical
- H = Komponen gaya horizontal
- B = Lebar potongan yang ditinjau
- e = Eksentrisitas

3. METODOLOGI PENELITIAN

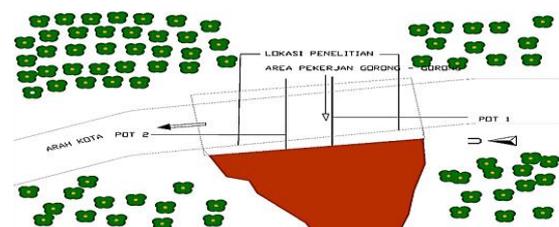
3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Ruas Jalan Baru Desa Hutumuri, Kota Ambon, Kecamatan Leitimur Selatan, Provinsi Maluku STA 1 + 200 – 1 + 270.



Gambar 11. Ruas Jalan Baru Desa Hutumuri

Sumber : google maps, 2021



Gambar 12. Peta Jaringan Jalan

Sumber : Penulis , 2021

3.2 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Observasi yaitu, dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan terhadap objek yang akan diteliti.
2. Studi Kasus yaitu, dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber buku, artikel ilmiah, berita, maupun sumber lainnya yang sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan.
3. Pengujian seperti, sampel yang diambil kemudian diuji di laboratorium terhadap objek penelitian untuk diamati dan kemudian dikumpulkan data dalam bentuk catatan atau rekaman.

3.3 Jenis Data

Data yang digunakan dalam pada perencanaan dinding penahan tanah yaitu data kuantitatif yang dihitung secara langsung sebagai variabel angka atau bilangan Yang diperoleh langsung pada saat survey dilapangan.

3.4 Metode Analisis

Tahapan analisis yang dilakukan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian tanah di Laboratorium
2. Menghitung faktor keamanan dari lereng,
3. Menghitung tekanan tanah lateral,
4. Menghitung stabilitas guling,
5. Menghitung stabilitas geser,
6. Menghitung kapasitas dukung tanah ,
7. penurunan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Propertis Tanah

Dari hasil pengujian propertis tanah di laboratorium dapat ditunjukkan pada tabel di bawah ini

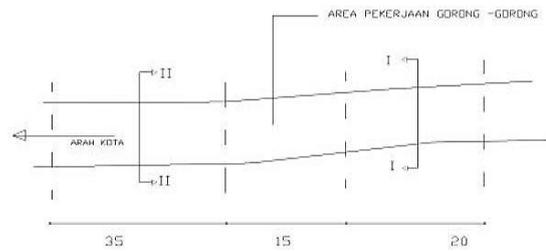
Tabel 6. Hasil Pengujian Properties Tanah

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Sim.	Sat.	Hasil
1	Kadar air	SNI 1965:2008	w	%	74,46
2	Berat isi tanah kering	SNI 03-3637-1994	γ_d	gr/cm ³	0,95
3	Berat jenis	SNI 1964:2008	Gs		2,58
4	Analisa saringan	SNI ASTM C136:2012			
	a. Lolos saringan no. 4			%	98,70
	b. Lolos saringan no. 40			%	43,98
	c. Lolos saringan no. 200			%	22,28
5	Batas-batas Atterberg				
	a. Batas cair	SNI 1967:2008	LL	%	80,28
	b. Batas plastis	SNI 1966:2008	PL	%	58,77
	c. Indeks plastisitas	SNI 1966:2008	IP		21,51
6	Kepadatan	SNI 1742:2008	$\gamma_a(max)$	gr/cm ³	1,034

Sumber : Penulis, 2021

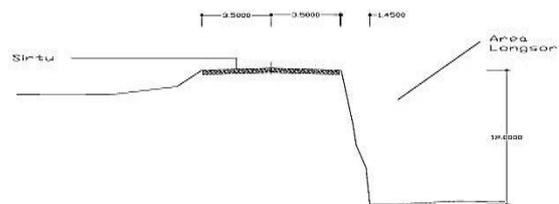
4.2 Perhitungan Stabilitas Lereng

Untuk menghitung stabilitas lereng, digunakan potongan melintang lereng seperti terlihat pada gambar 12 dan 13 dibawah ini.



Gambar 12. Sketsa Lokasi Penelitian

Sumber : Penulis, 2021

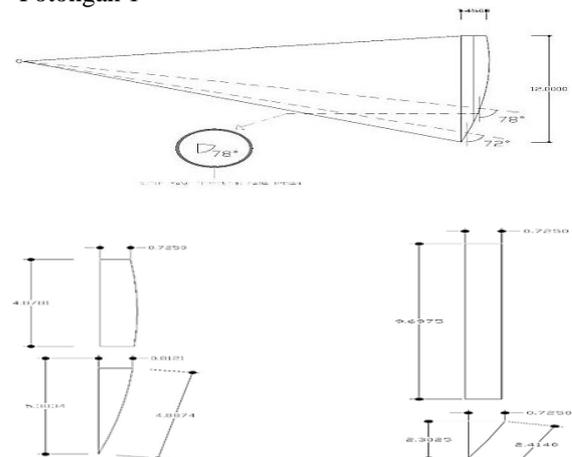


Gambar 13. Potongan 1

Sumber : Penulis, 2021

Dengan menggunakan metode irisan, maka penampang irisan lereng dapat diperlihatkan pada gambar 14 dibawah ini.

• Potongan 1



Gambar 14. Irisan Lereng Potongan I

Sumber : Penulis, 2021

Parameter tanah yang diperoleh dari hasil pengujian beserta dimensi lereng sebagai berikut :

Parameter tanah :

- γ = 16,1 KN/m³
- c = 0.150 Kg/cm²
- ϕ = 30.821°
- L = 1.45 m
- P = 20 m
- T = 12 m

Hasil analisa stabilitas lereng dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Potongan I

Irisan no	Wn (KN)	on (°)	Cos	sin	Wi cos on (KN)	Wi sin on (KN)	Δln (m)
1	266.351	78 °	0.208	0.978	55.377	260.531	4.887
2	7145.786	72 °	0.309	0.951	2208.169	6796.046	2.414
Jumlah					2263.547	7056.577	7.301

Sumber : Penulis, 2021

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} (C \cdot \Delta l_n + W_n \cos \alpha_n \cdot tg \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=p} W_n \sin \alpha_n}$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=p} (0.150 \cdot 7.301 + 2263.547 \cdot tg 30.821)}{\sum_{i=1}^{i=p} 7056.577}$$

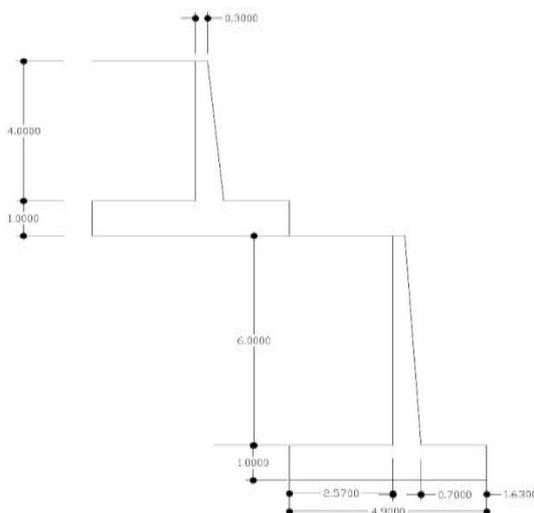
$$F = 0.192$$

Dari hasil perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode irisan sederhana (*method of slices*) maka, kondisi lereng pada ruas jala hutumuri potongan I berada pada kondisi tidak aman.

4.3 Analisis Dinding Penahan Tanah Tipe Cantilever

Dari data primer yang diperoleh, diketahui :

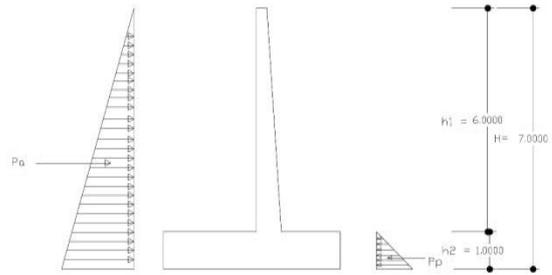
Berat tanah basah	=	γ _b	16.080	KN/m ³
Berat tanah kering	=	γ _d	9.310	KN/m ³
Kohesi	=	c	0.15	Gr/Cm ²
Sudut geser	=	φ	30.821	KG/Cm ²
Berat volume material	=	γ _{beton}	24.00	KN/m ³
Tinggi lereng	=	H	12	M



Gambar 15. Terasering Dinding Penahan Tanah Cantilever

Sumber : Penulis, 2021

1. Potongan I



Gambar 16. Diagram tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif dinding penahan tanah cantilever potongan I

Sumber : Penulis, 2021

a. Perhitungan tekanan tanah aktif

Koefisien tekanan aktif dapat dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$K_a = tg^2 (45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

$$= tg^2 (45^\circ - \frac{30,821}{2})$$

$$= 0,322$$

Setelah koefisien tekanan tanah aktif diketahui, maka tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus :

$$P_a = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_b \times K_a - 2 \times C \times H \sqrt{K_a}$$

$$= \frac{1}{2} \times 7^2 \times 16.080 \times 0.322 - 2 \times 0.150 \times 7 \sqrt{0.322}$$

$$= 125,836 \text{ KN}$$

Perhitungan momen untuk tanah aktif :

$$M_a = P_a \times \frac{1}{3} \times H$$

$$= 125,836 \times \frac{1}{3} \times 7$$

$$= 293,618 \text{ KN.m}$$

b. Perhitungan tekanan tanah pasif

Koefisien tekanan tanah pasif dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$K_p = tg^2 (45^\circ + \frac{\varphi}{2})$$

$$= tg^2 (45^\circ + \frac{30,821}{2})$$

$$= 3,101$$

Setelah koefisien tekanan tanah pasif diketahui, maka tekanan tanah pasif dihitung dengan rumus :

$$P_p = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_b \times K_p + 2 \times C \times H \sqrt{K_p}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1^2 \times 16.080 \times 3.101 + 2 \times 0.150 \times 1 \sqrt{3.101}$$

$$= 25,463 \text{ KN}$$

Perhitungan momen untuk tanah pasif :

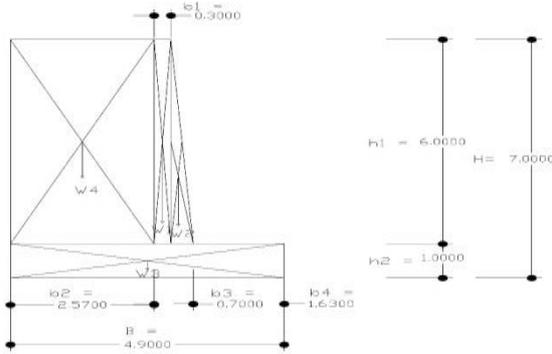
$$M_p = P_p \times \frac{1}{3} \times H$$

$$= 25,460 \times \frac{1}{3} \times 1$$

$$= 8,488 \text{ KN.m}$$

c. Perhitungan berat sendiri

Perhitungan berat sendiri dinding penahan sebagai berikut:



Gambar 17. Diagram berat sendiri bangunan potongan I

Sumber : Penulis , 2021

Tabel 8. Jumlah Berat Sendiri Potongan I Dinding Penahan Tanah Cantilever

Berat sendiri (KN)	
W1	43,200
W2	28,800
W3	117,600
W4	247,954
$\sum w$	437,554

Sumber : Penulis, 2021

Tabel 9. Jumlah Momen Berat Sendiri Potongan I Dinding Penahan Tanah Cantilever

Momen (KN.m)	
M1	9,050
M2	7,710
M3	288,120
M4	318,620
$\sum M_w$	622,500

Sumber : Penulis, 2021

d. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan

1. Stabilitas Geser

$$SF = \frac{\sum R_h}{\sum P_h}$$

$$= \frac{c \times B + \sum W \times \tan \phi}{\sum P_a + \sum P_p}$$

$$= \frac{0.15 \times 4,900 + 437,554 \tan 30,821}{125,836 + 25,463}$$

$$= 1,730$$

2. Stabilitas Guling

$$SF = \frac{\sum M_t}{\sum M_g}$$

$$SF = \frac{\sum M_p + \sum M_w}{\sum M_a}$$

$$SF = \frac{8,488 + 622,500}{293,618}$$

$$SF = 2,149$$

Perhitungan Kontrol faktor keamanan stabilitas geser dan stabilitas guling aman untuk dinding penahan tanah karena lebih besar dari 1,5.

e. Perhitungan stabilitas terhadap kuat dukung tanah

Kapasitas dukung tanah dengan menggunakan cara Terzaghi.

$$\phi = 30^\circ \Rightarrow N_c = 37,2$$

$$N_q = 22,5$$

$$N_\gamma = 19,7$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit sebagai berikut:

$$q_{ult} = c \cdot N_c + Df \cdot \gamma_b \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_b \cdot N_\gamma$$

$$= 0,150 \times 37,2 + 1,667 \times 16.080 \times 22,5 + 0,5 \times 4,9 \times 16.080 \times 19,7$$

$$= 1384,802 \text{ KN/m}^2$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit neto sebagai berikut:

$$q_{un} = q_{ult} - Df \cdot \gamma_b$$

$$= 1384,802 - 1,667 \times 16.080$$

$$= 1358,000 \text{ KN/m}^2$$

Perhitungan tekanan pondasi neto sebagai berikut:

$$q_n = q - Df \cdot \gamma_b$$

$$= 437,554 - 1,667 \times 16.080$$

$$= 410,748 \text{ KN/m}^2$$

Dicari letak resultan gaya-gaya yang berkerja terhadap pusat berat alas pondasi:

$$x = \frac{\sum M_w - \sum M_{GL}}{\sum w}$$

$$x = \frac{\sum M_w - \sum M_A}{\sum w}$$

$$x = 0,751 \text{ m}$$

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

$$e = 1,698$$

Perhitungan faktor aman :

$$F = \frac{q_{un}}{q_n}$$

$$= \frac{1358,000}{410,748}$$

$$= 3,306 > 3$$

f. Perhitungan Penurunan

Perhitungan tegangan tanah ijin :

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{F}$$

$$= \frac{1384,802}{3,306}$$

$$= 418,856 \text{ KN/m}^2$$

Perhitungan tegangan vertical desak maksimum sebagai berikut:

$$\sigma_{max} = \frac{2V}{3(B-2e)}$$

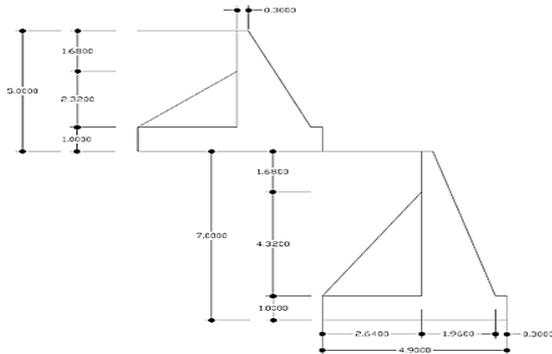
$$= \frac{2 \times 437,554}{3(4,9 - 2 \times 1,698)}$$

$$= 193,951 \text{ KN/m}^2 < 418,856 \text{ KN/m}^2$$

4.4 Analisis Dinding Penahan Tanah Counterfort

Dari data primer yang diperoleh, yang diketahui :

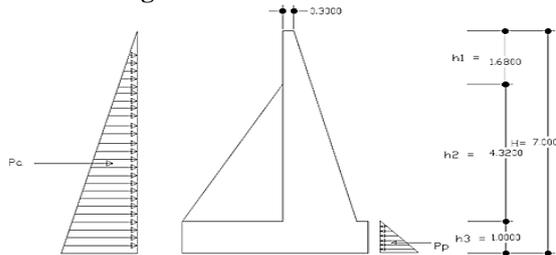
Berat tanah basah	= γ_b	16.080 KN/m ³
Berat tanah kering	= γ_d	9.310 KN/m ³
Kohesi	= c	0.15 Gr/Cm ²
Sudut geser	= ϕ	30.821 KG/Cm ²
Berat volume material	= γ_{beton}	24.00 KN/m ³
Tinggi lereng	= H	12 m



Gambar 18. Terasering Dinding Penahan Tanah Counterfort
Sumber : Penulis, 2021

Potongan I

a. Perhitungan tekanan tanah aktif



Gambar 19. Diagram Tekanan Tanah Aktif Dan Tekanan Tanah Pasif Dinding Penahan Tanah Counterfort Potongan I
Sumber : Penulis, 2021

Koefisien tekanan aktif dapat dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = 0,322$$

Setelah koefisien tekanan tanah aktif diketahui, maka tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus :

$$P_a = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_b \times K_a - 2 \times C \times H \sqrt{K_a} = 125,836 \text{ KN}$$

Perhitungan momen untuk tanah aktif :

$$M_a = P_a \times \frac{1}{3} \times H = 293,618 \text{ KN.m}$$

b. Perhitungan tekanan tanah pasif

Koefisien tekanan tanah pasif dihitung menggunakan rumus yaitu:

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

$$= 3,101$$

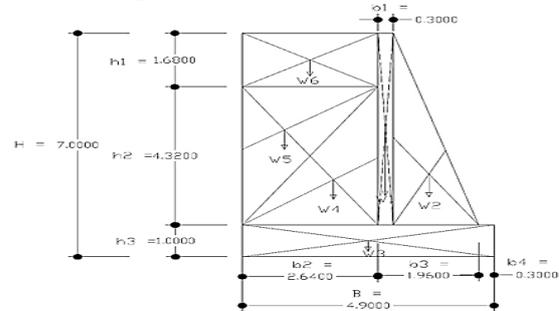
Setelah koefisien tekanan tanah pasif diketahui, maka tekanan tanah pasif dihitung dengan rumus :

$$P_p = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_b \times K_p + 2 \times C \times H \sqrt{K_p} = 25,463 \text{ KN}$$

Perhitungan momen untuk tanah pasif :

$$M_p = P_p \times \frac{1}{3} \times H = 8,488 \text{ KN.m}$$

c. Perhitungan berat sendiri



Gambar 20. Diagram Berat Sendiri Bangunan Potongan I
Sumber : Penulis, 2021

Tabel 1 Jumlah Berat Sendiri Potongan I Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort

Berat sendiri (KN)	
W1	43,200
W2	119,520
W3	117,600
W4	136,857
W5	91,695
W6	71,318
$\sum w$	580,190

Sumber : Hasil olah data (2021)

Tabel 2 Jumlah Momen Berat Sendiri Potongan I Dinding Penahan Tanah Counterfort

Momen (KN.m)	
M1	19,440
M2	155,520
M3	330,750
M4	119,230
M5	79,884
M6	94,140
$\sum M_w$	659,569

Sumber : Penulis, 2021

d. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan

1. Stabilitas Geser

$$SF = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} = \frac{c \times B + \sum W \times \tan \phi}{\sum P_a + \sum P_p} = 2,293$$

2. Stabilitas Guling

$$SF = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} = \frac{\sum M_p + \sum M_w}{\sum M_a}$$

$$SF = 2,275$$

Perhitungan Kontrol faktor keamanan stabilitas geser dan stabilitas guling sudah aman untuk dinding penahan tanah karena lebih besar dari 1,5.

e. Perhitungan stabilitas terhadap kuat dukung tanah

Kapasitas dukung tanah dengan menggunakan cara Terzaghi yaitu :

$$\begin{aligned} \phi = 30^\circ \Rightarrow N_c &= 37,2 \\ N_q &= 22,5 \\ N_\gamma &= 19,7 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma_b \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_b \cdot N_\gamma \\ &= 1384,802 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit neto sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_{un} &= q_{ult} - D_f \cdot \gamma_b \\ &= 1358 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan pondasi neto sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_n &= q - D_f \cdot \gamma_b \\ &= 553,385 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

Dicari letak resultan gaya-gaya yang berkerja terhadap pusat berat alas pondasi:

$$\begin{aligned} x &= \frac{\sum M_W - \sum M_{GL}}{\sum w} \\ x &= \frac{\sum M_W - \sum M_A}{\sum w} \\ x &= 0,630 \text{ m} \\ e &= \frac{B}{2} - x \\ e &= 1,819 \end{aligned}$$

e. Perhitungan faktor aman

$$\begin{aligned} F &= \frac{q_{un}}{q_n} \\ &= 2,454 \end{aligned}$$

f. Perhitungan penurunan

Perhitungan tegangan tanah ijin :

$$\begin{aligned} q_{all} &= \frac{q_{ult}}{F} \\ &= 564,308 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

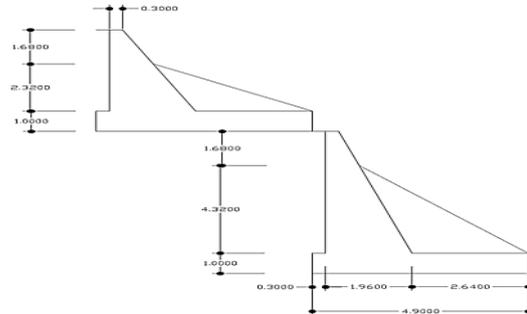
Perhitungan tegangan vertical desak maksimum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{2V}{3(B-2e)} \\ &= 306,492 \text{ KN/m}^2 < 564,308 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

4.5 Analisis Dinding Penahan Tanah Butters

Dari data primer yang diperoleh, yang diketahui :

Berat tanah basah	= γ_b	16.080 KN/m ³
Berat tanah kering	= γ_d	9.310 KN/m ³
Kohesi	= c	0.15 Gr/Cm ²
Sudut geser	= ϕ	30.821 KG/Cm ²
Berat volume material	= γ_{beton}	24.00 KN/m ³
Tinggi lereng	= H	12 m

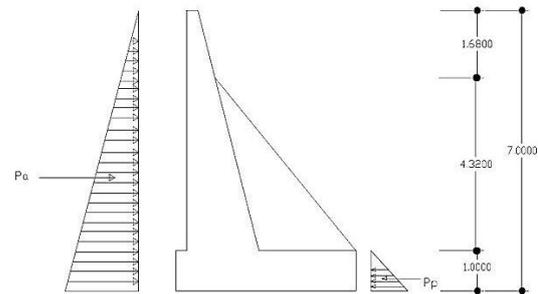


Gambar 21. Terasering Dinding Penahan Tanah Butters

Sumber : Penulis, 2021

Potongan I

a. Perhitungan tekanan tanah aktif



Gambar 22. Diagram Tekanan Tanah Aktif Dan Tekanan Tanah Pasif Dinding Penahan Tanah Butters

Sumber : Penulis, 2021

Potongan I.

Koefisien tekanan aktif dapat dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$\begin{aligned} K_a &= \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= 0,322 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan tanah aktif diketahui, maka tekanan tanah aktif dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma_b \times K_a - 2 \times C \times H \sqrt{k_a} \\ &= 125,836 \text{ KN} \end{aligned}$$

Perhitungan momen untuk tanah aktif :

$$\begin{aligned} M_a &= P_a \times \frac{1}{3} \times H \\ &= 293,618 \text{ KN.m} \end{aligned}$$

b. Perhitungan tekanan tanah pasif

Koefisien tekanan tanah pasif dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$Kp = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = 3,101$$

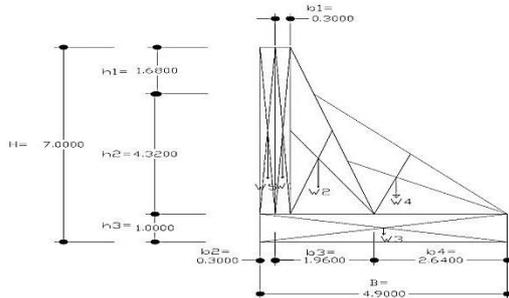
Setelah koefisien tekanan tanah pasif diketahui, maka tekanan tanah pasif dihitung dengan rumus :

$$Pp = \frac{1}{2} \times H^2 \times \gamma b \times Kp + 2 \times C \times H \sqrt{Kp} = 25,463 \text{ KN}$$

Perhitungan momen untuk tanah pasif :

$$Mp = Pp \times \frac{1}{3} \times H = 8,488 \text{ KN.m}$$

c. Perhitungan berat sendiri



Gambar 23. Diagram Berat Sendiri Bangunan Potongan I

Sumber : Penulis, 2021

Tabel 12. Jumlah Berat Sendiri Potongan I Dinding Penahan Tanah Butters

Berat sendiri (KN)	
W1	43,200
W2	119,520
W3	117,600
W4	135,858
W5	28,944
$\sum w$	446,122

Sumber : Hasil olah data (2021)

Tabel 13. Jumlah Momen Berat Sendiri Potongan I Dinding Penahan Tanah Butters.

Momen (KN.m)	
M1	6,78
M2	66,734
M3	288,120
M4	122,695
M5	69,813
$\sum Mw$	552,938

Sumber : Penulis (2021)

d. Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan

1. Stabilitas Geser

$$SF = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} = \frac{c \times B + \sum W \times \tan \phi}{\sum Pa + \sum Pp} = 1,773$$

2. Stabilitas Guling

$$SF = \frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq 1.5$$

$$SF = \frac{\sum M_p + \sum M_w}{\sum M_a}$$

Perhitungan kontrol faktor keamanan stabilitas geser dan stabilitas guling sudah aman untuk dinding penahan tanah karena lebih besar dari 1,5.

e. Perhitungan stabilitas terhadap kuat dukung tanah

Kapasitas dukung tanah dengan menggunakan cara Terzaghi

$$\phi = 30^\circ \Rightarrow Nc = 37,2$$

$$Nq = 22,5$$

$$N\gamma = 19,7$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit sebagai berikut:

$$q_{ult} = c \cdot Nc + Df \cdot \gamma b \cdot Nq + 0,5 \cdot B \cdot \gamma b \cdot N\gamma = 1384,802 \text{ KN/m}^2$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit neto sebagai berikut:

$$q_{un} = q_{ult} - Df \cdot \gamma b = 1358 \text{ KN/m}^2$$

Perhitungan tekanan pondasi neto sebagai berikut:

$$qn = q - Df \cdot \gamma b = 419,316 \text{ KN/m}^2$$

Dicari letak resultan gaya-gaya yang berkerja terhadap pusat berat alas pondasi:

$$x = \frac{\sum M_w - \sum M_{GL}}{\sum w}$$

$$x = \frac{\sum M_w - \sum M_A}{\sum w}$$

$$x = 0,581 \text{ m}$$

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

$$e = 1,868$$

Perhitungan faktor aman :

$$F = \frac{q_{un}}{qn} = 3,239$$

f. Perhitungan Tegangan Ijin

Perhitungan tegangan tanah ijin :

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{F} = 427,593 \text{ KN/m}^2$$

Perhitungan tegangan vertical desak maksimum sebagai berikut:

$$\sigma_{max} = \frac{2V}{3(B-2e)} = 255,510 \text{ KN/m}^2 < 427,593 \text{ KN/m}^2$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Karakteristik tanah pada desa hutumuri merupakan tanah jenis lempung anorganik dan berkoheisi dengan nilai berat jenis $GS = 2,58$, batas plastis $LL = 80,28\%$ dan indeks plastisitas $= 58,77\%$. Dengan kondisi tanah yang berkoheisi, tanah pada ruas jalan Hutumuri rawan terhadap bahaya yang dapat menyebabkan keruntuhan tanah pada lereng, dengan menggunakan metode irisan sederhana (*method of slices*) dan teori Rankine untuk mengetahui kondisi lereng dan konstruksi dinding penahan tanah pada Ruas Jalan Hutumuri, diperoleh nilai untuk faktor keamanan lereng dalam kondisi tidak aman dengan nilai faktor keamanan lereng kurang dari 1,2. dan untuk dinding penahan, untuk dinding tipe *Counterfort* belum memenuhi syarat dikarenakan pada potongan I didapatkan nilai faktor keamanan daya dukung tanah $FS = 2,454$ dimana nilai untuk faktor keamanan $FS < 3$. Dengan ketinggian 12 meter dinding penahan tanah pada ruas jalan Hutumuri dibuat terasering. Dengan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah yaitu, tekanan tanah aktif, tekanan tanah pasif dan berat sendiri konstruksi.

5.2 Saran

1. Pengujian tanah di laboratorium harus dilakukan secara teliti pada pengujian properties terutama untuk mengetahui berat jenis tanah sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan karakteristik tanah pada lapangan.
2. Untuk dinding penahan tanah faktor keamanan daya dukung $FS < 3$ tidak bisa digunakan karena tidak aman terhadap konstruksi dinding penahan tanah.
3. Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah harus teliti karena berpengaruh terhadap keamanan konstruksi.
4. Alternatif penanganan longsor dapat dilakukan untuk jenis perkuatan lainnya

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J. E. (1986). Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah. (Jk Hainim, Trans). Jakarta: Erlangga.

Craig, Susilo, 1989, *Mekanika Tanah Edisi Ke - 4*, Departemen Teknik Sipil, Universitas Dundee.

Das, 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid-2*, Ciracas, Jakarta.

Das, 1998, *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid - 1*, Erlangga, Jakarta.

Hadiharja, 1997, *Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah*, Gunadarma.

Hardiyatmo, 2017, *Stabilitas Tanah Untuk*

Perkerasan Jalan, Dosen Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Dan Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Univeritas Gajah Mada, Jogjakarta.

Hardiyatmo, 2018, *Mekanika Tanah I*, Dosen Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Dan Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Univeritas Gajah Mada, Jogjakarta.

Hardiyatmo, 2020, *Analisis Perancangan Fondasi I*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta

Ikrimah, M. A., Sutanto, H., & Budiman, E. (2021). *Studi Penanganan Longsor Dengan Beberapa Alternatif Dinding Penahan Tanah*, *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 4(2), 30-43.

Nggala, A. A. (2017). *Analisa Perbandingan Dinding Penahan Tanah Type Counterfort Dan Cantilever Jalan Simping Tiga Tanjung Palas Sekatak Buji Sta. 107+ Sta. 172 Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara*, *Kurva Mahasiswa*, 1(1), 134-145.

Ramadhani, S. (2010). *Perencanaan Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit Bin Teluk Palu Permai*, *Smartek*, 8(1).

Rahardjo, Paulus P, 2000, *Manual Pondasi Tiang*. Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Universitas Khatolik Parahyangan

Sni 03-1966-1990, *Metode Pengujian Batas Plastis*, Badan Standarisasi Nasional, 2008.

Sni 03-3637-1994, *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji*, Badan Standarisasi Nasional, 1994.

Sni 1964-2008, *Cara Uji Berat Jenis*, Badan Standarisasi Nasional, 2008.

Sni 1965-2008, *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional, 2008.

Sni 1972-2008, *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, 2008.

Sni Astm C136-2012, *Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar (Astm C 136-06, Idt)*, Badan Standarisasi Nasional, 2008.

Suryolelono, 2002, *Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik*, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar, Fakultas Teknik Ugm, Yogyakarta.

Terzaghi, Peck, 1967, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid - 1*, Profesor Teknik Fondasi, Universitas Illion.

Wardani, M. K., Nuciferani, F. T., & Aulady, M. F. (2018). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Untuk Menanggulangi Kelongsoran Pada Kompleks Peternakan Ayam Di Kecamatan Kandangan, Kediri, Jawa Timur*, *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 86-93.

<https://Beritakotaambon.Com>, (Diunduh 27 – 6 – 2021), *Corona Hambat Pembangunan Jalan Hutumuri, Siwalima.*